الفصل الاول

((المتسعات))

الفرع الاحيائي

اعداد وترتيب

بهاء عبد الهادي شهيد

الفتلاوي

https://www.facebook.com/bahaa.ab

الطبعة الخامسة

2017

07816241728



الفصل الأول

المتسعة والعازل الكهربائي

بعض القوانين الأساسية المهمة :

ΔV= فرق الجهد الكهربائي

E = شدة المجال الكهربائي

d= البعد بين الشحنة والموصل

W= الشغل الكهربائي

Q = الشحنة الكهربائية

$k = 9 \times 10^9\ N.m^2 / C^2$ ثابت كولوم

1) $E = \frac{\Delta V}{d}$

2) $\Delta V = \frac{W}{Q}$

3) $V = k \times \frac{Q}{r}$

المتسعة :- هي جهاز يتألف من زوج او أكثر من الصفائح الكهربائيه المعزوله عن بعضها البعض تستعمل لتخزين الشحنة والطاقة الكهربائية ويرمز لها في الدوائر الكهربائية بالرمز (⊣⊢) أو (⊣⊬) .

س/ ما هي الفائدة العملية من المتسعة ؟

ج/ تستعمل لتخزين الشحنة والطاقة الكهربائية .

س/ ما لعلاقة بين شحنة الموصل المنفرد وجهده الكهربائي ؟

ج /وفقا للعلاقة الآتية :-

$$V = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q}{r} \longrightarrow V = k \times \frac{Q}{r}$$

∴ يتناسب فرق جهده طرديا مع شحنته $V \propto Q$ بثبوت البعد r .

(ثابت سماحية الفراغ $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2/N.m^2$ $(k = 9 \times 10^9\ N.m^2 / C^2$

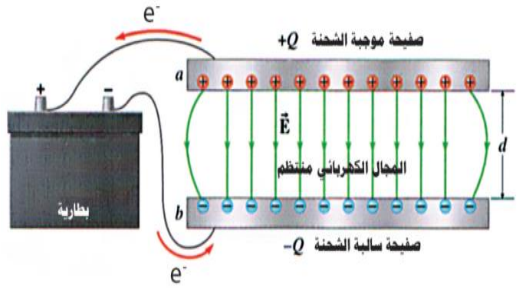
س/ يعد استعمال الموصل المنفرد غير مرغوب فيه في تخزين الشحنات الكهربائية، علل ذلك ؟

ج / لأن زيادة شحنة الموصل المنفرد تؤدي إلى زيادة جهده الكهربائي أي زيادة فرق الجهد بينه وبين الأجسام الأخرى كالهواء ممايؤدي الى زيادة مجاله الكهربائي و قد يؤدي إلى حصول تفريغ كهربائي يتسبب في ضياع الشحنة الكهربائية .

س/ هل يمكن صنع جهاز يستعمل لاختزان مقادير كبيرة من الشحنات الكهربائية وتختزن فيه الطاقة الكهربائية ؟

ج / نعم ، وذلك باستعمال نظام يتألف من موصلين معزولين منفصلين يفصل بينهما عازل فيكون بمقدوره اختزان كمية من الشحنات الموجبة على أحد الموصلين وشحنات سالبة على الموصل الآخر يدعى بالمتسعة .

المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين



س/ كيف يتم شحن المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ؟

ج/ وذلك بربط إحدى الصفيحتين بالقطب الموجب للبطارية فتظهر عليها شحنة موجبة (+ Q) وربط الصفيحة ألأخرى بالقطب السالب للبطارية فتظهر عليها شحنة سالبة (- Q) مساوية لها بالمقدار.

ملاحظة

يعد المجال الكهربائي منتظما بين صفيحتي المتسعة عندما يكون البعد بينهما صغيرا بالمقارنة مع ابعاد الصفيحتين فيهمل عدم انتظام المجال الكهربائي عند الحافات .

س/ علل ، تنتشر الشحنات الكهربائية على السطوح المتقابلة لصفيحتي المتسعة ؟

ج / وذلك بسبب قوى التجاذب بين الشحنات المختلفة .

س/ علل ،يكون صافي الشحنة على صفيحتي المتسعة صفرا بالرغم من أنها مشحونة ؟

ج / لأن الصفيحتين تحملان شحنتين متساويتين مقدارا ومختلفتين نوعا فيكون صافي الشحنة يساوي صفرا : $Q_T = (+Q) + (-Q) = 0$

فكر // يقول صديقك إن المتسعة تختزن شحنة مقدارها يساوي كذا ، وأنت تقول إن المتسعة المشحونة تكون شحنتها تساوي صفراً . ومدرسك يقول إن كلا القولين صحيح ! وضح كيف يكون ذلك ؟

ج/ إن المتسعة المشحونة تختزن شحنة موجبة (+Q) في إحدى صفيحتيها وتختزن شحنة سالبة (−Q) في الصفيحة الأخرى وبالمقدار نفسه. فيكون صافي الشحنة الكلية (Q_{total})المختزنة في المتسعة يساوي صفراً لأن:- $Q_{total} = +Q + (-Q) = 0$

س/ علل ، تكون جميع نقاط الصفيحة الواحدة في المتسعة بجهد متساوٍ ؟

ج / لأن صفيحتيها مصنوعتان من مادة موصلة معزولة وكل صفيحة تعد سطح من سطوح تساوي الجهد .

سعة المتسعة :- هي النسبة بين الشحنة الكهربائية (Q) المختزنة في أي من صفيحتيها إلى مقدار فرق الجهد (ΔV) بين الصفيحتين ويرمز لها بالرمز (C) وتعد مقياسا للشحنة اللازم وضعها على أي من صفيحتي المتسعة لتوليد فرق جهد كهربائي بينهما وتقاس بـ (Farad) .

$$Q \;\alpha\; C \; (\Delta V = Constant)$$
$$Q \;\alpha\; \Delta V \; (C = Constant)$$

$$\frac{Q}{\Delta V} = Constant .$$

$$\therefore \; c = \frac{Q}{\Delta V}$$

$$Farad\,(F) = \frac{Coulomb\,(C)}{Volt\,(V)}$$

الفاراد (F) : هو سعة المتسعة التي تختزن شحنة مقدارها كولوماً واحداً لتوليد فرق جهد كهربائي بين لوحيها مقداره فولطاً واحداً .

س/ ماذا نقصد بقولنا إن سعة المتسعة 1μ F ؟

ج/ أي أن كمية الشحنة اللازمة لرفع فرق جهد المتسعة فولطاً واحداً تساوي 1μC.

ملاحظة **للتحويل من (F) إلى الوحدات الصغيرة نضرب في (10^{+}) وعند التحويل من الوحدات الصغيرة إلى (F) نضرب في (10^{-}) وكالآتي :-**

$1mF = 10^{-3}$ F , $1\mu F = 10^{-6}$F , $1\ nF = 10^{-9}$ F , $1\ PF = 10^{-12}$ F

مثال / متسعة ذات صفيحتين متوازيتين سعتها 5**μ**F ربطت عبر قطبي بطارية فشحنت بشحنة كهربائية مقدارها 60**μ**C احسب فرق جهد البطارية ؟

الجواب //

بما أن : $c = \frac{Q}{\Delta V}$

فان : $\therefore\ \Delta V = \frac{Q}{C} = \frac{60 \times 10^{-6}}{5 \times 10^{-6}} = 12\ V$

مثال / متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ربطت الى طرفي بطارية فرق جهدها 12V فشحنت بشحنة معينه ثم فصلت عنها وافرغت من شحنتها و ربطت الى طرفي بطارية اخرى فرق جهدها 16v فشحنت بشحنه كهربائية مقدارها 96 **μ**C احسب شحنة كل من صفيحتي المتسعة في الحالة الاولى ؟

الجواب// $\Delta V_1 = 12V$, $\Delta V_2 = 16V$, $Q_2 = 96\ \mu C$, $Q_1 = ?$

المتسعة بقيت ثابتة في الحالتين فلذلك تبقى سعة المتسعة ثابتة في الحالتين

بما أن : $c = \frac{Q_2}{\Delta V_2} = \frac{96}{16} = 6\mu F$

$Q_1 = C\ \Delta V_1 = 6 \times 12 = 72\ \mu C$

مثال واجب / متسعة ذات صفيحتين متوازيتين سعتها 3 **μ**F ربطت الى طرفي بطارية فشحنت بشحنة مقدارها 36 **μ**C ثم فصلت عنها وربطت متسعة أخرى الى طرفي نفس البطارية فشحنت المتسعة الثانية بشحنه مقدارها 72 **μ**C احسب سعة المتسعة الثانية .

....

....

....

....

....

....

....

....

....

العوازل الكهربائية

س/ ما لمقصود بالمواد العازلة كهربائيا ؟

ج / هي المواد التي تتميز بأنها غير موصلة للكهربائية وتعمل على تغيير مقدار المجال الكهربائي الموضوعة فيه وهي على نوعين : 1) عوازل قطبية . 2) عوازل غير قطبية .

س/ ما هي أنواع العوازل ؟

ج / 1) العوازل القطبية :- هي المواد التي تمتلك جزيئاتها عزوماً كهربائية ثنائية القطب دائمية يكون التباعد بين مركزي شحنتيها السالبة والموجبة ثابتا مثل الماء النقي .

2) العوازل غير القطبية :- هي المواد التي تمتلك جزيئاتها عزوماً كهربائية مؤقتة ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي نتيجة الإزاحة الضئيلة لمركزي الشحنتين السالبة و الموجبة مثل الزجاج والبولي أثلين .

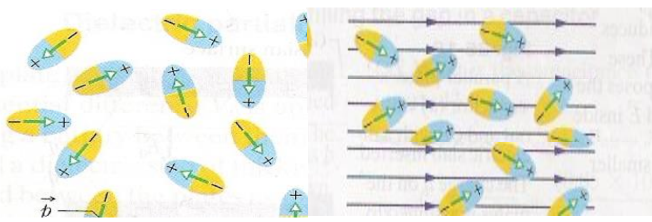
س/ ماذا يحدث عند إدخال مادة عازلة قطبية بين صفيحتي متسعة مشحونة ؟

ج / يؤثر المجال الكهربائي للمتسعة في جزيئات العازل القطبية (الدايبولات) ويجعل معظمها تصطف باتجاهه مولدة مجالا كهربائيا داخل العازل E_d اتجاهه معاكس لاتجاه المجال الخارجي E و أقل منه مقدارا فيقل مقدار المجال الكهربائي المحصل E_k بين صفيحتي المتسعة

$$E_K = E - E_d$$

$$E_k = \frac{E}{K}$$

ثابت العزل =K

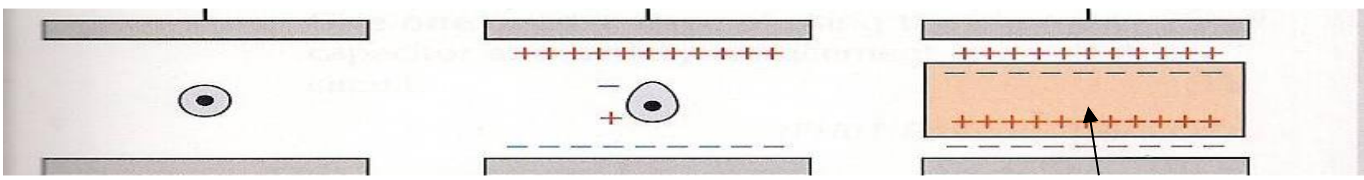


س/ ماذا يحدث عند إدخال مادة عازلة غير قطبية بين صفيحتي متسعة مشحونة ؟

ج / يعمل المجال الخارجي على إزاحة مركزي الشحنتين السالبة والموجبة في الجزيئة الواحدة بصورة ضئيلة وهذا يعني امتلاكها عزماً كهربائيا ثنائي القطب مؤقت بطريقة الحث الكهربائي فيتحول إلى دايبول كهربائي يصطف باتجاه المجال الخارجي فتظهر شحنتان على وجهي العازل بحيث تولدان مجال معاكس للمجال الخارجي فيعمل على إضعافه :

$$E_k = \frac{E}{K}$$

$$E_K = E - E_d$$



مادة عازله غير قطبية — المتسعة مشحونه — المتسعة غير مشحونه

ثابت العزل (K) : هو النسبة بين سعة المتسعة بوجود العازل C_K وسعتها بوجود الهواء C وهو مقدار خالٍ من الوحدات .

$$K = \frac{C_k}{C} \quad , \quad C_k = K\,C$$

ملاحظة : ثابت العزل يكون دائماً أكبر من واحد $K > 1$.

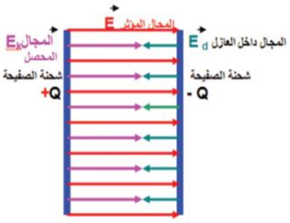
س/(b(10-/ يقل المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة عند إدخال عازل كهربائي بين صفيحتيها ؟

ج/ بسبب تولد مجال كهربائي على سطحي العازل معاكس باتجاهه للمجال الكهربائي الخارجي

$E_K = E - E_d$ و يعمل على إضعافه فيقل المجال الكهربائي بنسبة (K) (($E_K = \frac{E}{K}$)) .

س/ ماذا يحدث ؟ ولماذا ؟ لكل مما يأتي عند إدخال مادة عازلة بين لوحي متسعة مشحونة ومفصولة عن المصدر : 1. شدة المجال الكهربائي. 2. فرق الجهد الكهربائي . 3. سعة المتسعة.

ج /



1. يقل المجال الكهربائي بنسبة (K) (($E_K = \frac{E}{K}$))
بسبب تولد مجال كهربائي على سطحي العازل معاكس باتجاهه للمجال الكهربائي الخارجي فيعمل على إضعافه: $E_K = E - E_d$

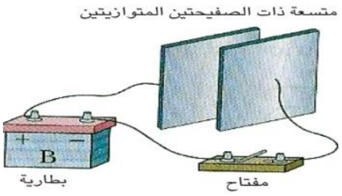
2. يقل فرق الجهد الكهربائي بسبب نقصان المجال الكهربائي الخارجي بنسبة K
حسب العلاقة : $\Delta V \propto E$

$$\Delta V_k = \frac{\Delta V}{K}$$

3. . تزداد سعة المتسعة بنسبة K لأن المجال الكهربائي سيقل ويقل فرق الجهد الكهربائي فتزداد سعة المتسعة وفقاً العلاقة : $C \propto \frac{1}{\Delta V}$

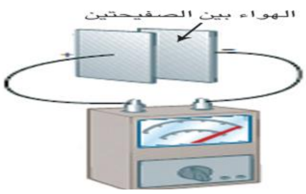
$$C_k = K\,C$$

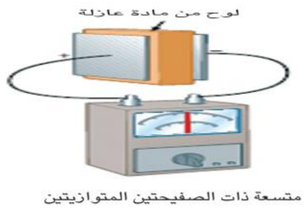
س/ أشرح نشاط عملي (تجربة فرداي) يوضح تأثير إدخال العازل الكهربائي بين صفيحتي متسعة مشحونة ومفصولة عن المصدر ؟



ج/ الادوات :

متسعة ذات صفيحتين متوازيتين غير مشحونة ، بطارية ، فولطميتر ،أسلاك توصيل لوح من مادة عازلة ثابت عزله K .





الخطوات :

- نربط قطبي البطارية بصفيحتي المتسعة فتشحن أحدى الصفيحتين بشحنة موجبة +Q وتشحن الصفيحة الأخرى بشحنة سالبة –Q .
- نربط الطرف الموجب للفولطميتر بالصفيحة الموجبة والطرف السالب بالصفيحة السالبة نلاحظ انحراف مؤشر الفولطميتر عند قراءة معينة ، مما يدل على تولد فرق جهد ΔV بين صفيحتي المتسعة المشحونة في حالة الهواء عازل بين الصفيحتين .
- ندخل اللوح العازل بين الصفيحتين نلاحظ نقصان قراءة الفولطميتر ΔV.

الاستنتاج : إن إدخال المادة العازلة بين صفيحتي المتسعة المشحونة تسبب في نقصان فرق جهدها بنسبة مقدارها ثابت العزل K فتكون $\Delta V_k = \frac{\Delta V}{K}$ مما يتسبب في زيادة سعة المتسعة بنسبة K ($C_k = K\,C$) وفقا للمعادلة $c = \frac{Q}{\Delta V}$.

س/ مالمقصود بقوة العزل الكهربائي ؟ وعلام تعتمد ؟
ج / هي أقصى مقدار للمجال الكهربائي يمكن أن تتحمله المتسعة قبل حصول الانهيار الكهربائي وتعد مقياسا لمدى صمود المادة أمام فرق الجهد المسلط عليها وتعتمد على نوع المادة .

س(10)c-/ علل ، يحدد أقصى مقدار لفرق الجهد الذي تعمل عنده المتسعة .
ج/ لمنع الإنهيار الكهربائي المبكر للعازل بين الصفيحتين نتيجة لعبور الشرارة الكهربائية خلاله فتتفرغ المتسعة من شحنتها و عندئذ تتلف المتسعة

س3/ متسعة مشحونة (مفصولة عن المصدر) فرق الجهد بين صفيحتيها عال. تكون مثل هذه المتسعة ولفترة طويلة خطره عند لمسها باليد . ما تفسير ذلك ؟
ج/ خطورتها تكمن في إن مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها كبير جداً لأن فرق جهدها كبير جداً ($Q = C\Delta V$)،وعند لمس صفيحتيها بوساطة اليد (الكف) مباشرة تتفرغ المتسعة من شحنتها حيث تُعدّ اليد مادة موصلة بين الصفيحتين.

س10(d)/ متسعة ذات صفيحتين مشحونة ومفصولة عن البطارية ، لو ملأ الحيز بين صفيحتيها بالماء النقي بدلا من الهواء لقل مقدار فرق الجهد الكهربائي . ما تعليل ذلك ؟
ج/ بما أن المتسعة مفصولة عن المصدر فإن إدخال العازل يسبب نقصان المجال الكهربائي بين الصفيحتين بنسبة ثابت العزل k فيقل فرق الجهد الكهربائي بنسبة k .

$$E_k = \frac{E}{K}$$

وبما أن : $E = \frac{\Delta V}{d}$, $\Delta V = E .d$, $\Delta V \propto E$

$$\therefore \Delta V_k = \frac{\Delta V}{K}$$

س9(b)/ أذكر فائدتين تتحققان من إدخال العازل بين صفيحتي المتسعة .
ج/ 1) زيادة سعة المتسعة .
2) منع الانهيار المبكر للعازل عند تسليط فرق جهد عالي على صفيحتي المتسعة .

ملاحظة مهمة
1) إذا أدخل العازل بين لوحي المتسعة وهي متصلة بالمصدر فأن فرق الجهد يبقى ثابت وشحنتها تزداد : $\Delta V_k = \Delta V$ و $Q_k = kQ$
2) إذا أدخل العازل بين لوحي المتسعة بعد فصلها عن المصدر فان شحنتها تبقى ثابتة وفرق الجهد يقل : $Q_k = Q$ و $\Delta V_k = \frac{\Delta V}{K}$
3) يفضل استعمال القوانين $Q_k = kQ$ و $\Delta V_k = \frac{\Delta V}{K}$ للمتسعة المفرده فقط لتلافي الالتباس في الحل .

مثال1/ متسعة ذات صفيحتين متوازيتين سعتها (10pF) شحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V) . فإذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم أدخل بين صفيحتيها لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (6) يملأ الحيز بينهما ما مقدار : 1- الشحنة المختزنه في أي من صفيحتيها .
2- سعة المتسعة بوجود العازل الكهربائي . 3- فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد إدخال العازل .

الجواب // 1- لدينا العلاقة : $Q = C\Delta V$

$Q = 10 \times 10^{-12} \times 12 = 120 \times 10^{-12}$ Coul

2- لحساب سعة المتسعة بوجود العازل نستخدم العلاقة : $C_k = K\ C$

$Ck = 6 \times 10 \times 10^{-12} = 60 \times 10^{-12}$ F

3- لحساب فرق الجهد بعد ادخال العازل :

$Qk = Q = 120 \times 10^{-12}$ Coul (لان المتسعة مفصولة عن المصدر)

$$\Delta V_k = \frac{Q_k}{C_k} = \frac{120 \times 10^{-12}}{60 \times 10^{-12}} = 2V$$

أو $\Delta V_k = \frac{\Delta V}{K} = \frac{12}{6} = 2V$

س2 / متسعة ذات صفيحتين متوازيتين سعتها(4µF) ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بينهما (20V) :

a- ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها ؟

b- إذا فصلت المتسعة عن البطارية وأدخل عازل كهربائي بين صفيحتيها هبط فرق الجهد بين الصفيحتين الى (10V) ما مقدار ثابت العزل للوح العازل ، وما مقدار سعة المتسعة في حالة العازل؟

الجواب// 1- لدينا العلاقة : $Q = C\Delta V$

$Q = 4 \times 10^{-6} \times 20 = 80 \times 10^{-6}$ Coul

2- لحساب ثابت العزل : $\Delta V_k = \frac{\Delta V}{K}$ أي أن : $K = \frac{\Delta V}{\Delta V_k} = \frac{20}{10} = 2$

لحساب سعة المتسعة بوجود العازل لدينا : $C_k = K\ C = 2 \times 4 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-6} F$

$Qk = Q = 80 \times 10^{-6}$ Coul (لان المتسعة مفصولة عن المصدر)

أو $c_k = \frac{Q_k}{\Delta V_k} = \frac{80 \times 10^{-6}}{10} = 8 \times 10^{-6}\ F$

مثال واجب / متسعة ذات صفيحتين متوازيتين سعتها 5µF ربطت الى طرفي بطارية فشحنت بشحنه كهربائية مقدارها 100µc ثم فصلت عنها ووضع لوح من مادة عازلة ثابت عزلها 4 بين لوحيها فكم هو:
1- فرق جهد البطارية . 2- فرق الجهد بين لوحي المتسعة بعد وضع العازل

الجواب //

....

....

....

....

....

....

....

مثال / متسعة ذات صفيحتين متوازيتين ربطت عبر قطبي بطارية فرق الجهد بينهما 12V ثم وضع عازل كهربائي بين صفيحتيها ثابت عزله 3 (والمتسعة لا زالت تتصل بالبطارية) فأصبحت الشحنة المختزنة بين صفيحتيها 72μC احسب : a- سعة المتسعة بعد ادخال المادة العازلة . b– سعة المتسعة بوجود الهواء .

الجواب// **a-** $\Delta V_k = \Delta V = 12V$ **(لان المتسعة تتصل بالمصدر)**

$$C_k = \frac{Q_k}{\Delta V_k} = \frac{72}{12} = 6\ \mu F$$

b- لدينا العلاقة : $C_k = K\ C$ **لذلك فإن :**

$$C = \frac{C_k}{k} = \frac{6}{3} = 2\ \mu F$$

مثال واجب// متسعة ذات صفيحتين متوازيتين سعتها 6μF ربطت بين طرفي بطارية فرق جهدها 10V ثم وضع عازل كهربائي بين صفيحتيها (والمتسعة لا زالت تتصل بالمصدر) فأصبحت الشحنة المختزنة بين صفيحتيها 120 μc أحسب :

1- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها قبل إدخال العازل .2- ثابت العزل 3- سعتها بوجود العازل

الجواب //

....

....

....

....

....

....

....

....

العوامل المؤثرة في سعة المتسعة

تعتمد سعة المتسعة على عدة عوامل منها المساحة السطحية المتقابلة بين الصفيحتين (A) والبعد بين الصفيحتين (d) ونوع الوسط العازل بين الصفيحتين $\epsilon_0 = 8.85\times 10^{-12}\ C^2/N.m^2$

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$C_k = KC$ ، $C_k = K\frac{\epsilon_0 A}{d}$

س4/ ما العوامل المؤثرة في سعة المتسعة ؟اذكر العلاقة الرياضية التي توضح ذلك.

ج/ على وفق العلاقة : $C_k = K\frac{\epsilon_0 A}{d}$

a) تزداد سعة المتسعة بازدياد المساحة السطحية A لأن السعة تتناسب طردياً مع المساحة السطحية (بثبوت البعد بين الصفيحتين) $C\ \alpha\ A$.

b) تقل سعة المتسعة بازدياد البعد بين الصفيحتين d لأن السعة تتناسب عكسياً مع البعد (بثبوت المساحة السطحية) $C\ \alpha\ \frac{1}{d}$.

c) تزداد سعة المتسعة عند وضع العازل ثابت عزله الكهربائي $C_K = K\ C_k$ بثبوت البعد d والمساحة A .

س/ من العلاقة : $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ أثبت أن وحدة قياس سعة المتسعة هي **Farad** ؟

ج/ $C = \frac{\epsilon_0 A}{d} = \frac{\frac{c^2}{N.m^2}.m^2}{m} = \frac{c^2}{N.m} = \frac{c}{J}.c = \frac{1}{V}.c = Farad$

أولا : *المساحة المتقابلة بين اللوحين* :

س/ ما علاقة سعة المتسعة بالمساحة السطحية المتقابلة بين اللوحين ؟ وما تفسير تلك العلاقة ؟

ج/ إن العلاقة طردية بين سعة المتسعة و المساحة السطحية المتقابلة بين اللوحين A لأن زيادة المساحة المتقابلة بين اللوحين تؤدي إلى انتشار الشحنات على مساحة أكبر وبالتالي نقصان فرق الجهد وحسب العلاقة ($C \propto \frac{1}{\Delta V}$) تزداد سعة المتسعة .

س/ ماذا يحدث ؟ ولماذا ؟ لكل من : 1) فرق الجهد . 2) سعة المتسعة . عند مضاعفة المساحة السطحية المتقابلة بين اللوحين .

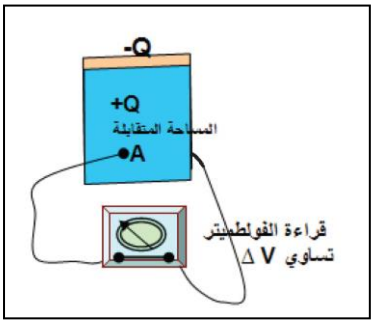
ج / 1) يقل فرق الجهد ΔV إلى النصف بسبب انتشار الشحنات الكهربائية على مساحة أكبر .

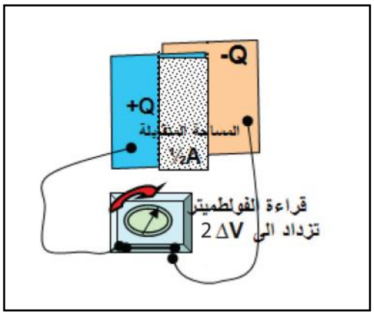
2) تتضاعف سعة المتسعة لأن : $C \propto \frac{1}{\Delta V}$ حيث: $C_2 = \frac{Q}{\frac{1}{2}\Delta V1} = 2\frac{Q}{\Delta V1} = 2\,C1$

أو $C_2 = \frac{\epsilon_0 A_2}{d} = \frac{\epsilon_0\, 2A_1}{d} = 2\frac{\epsilon_0 A_1}{d} = 2c_1$

ملاحظة $C \propto A$ حيث أن: $\frac{C_1}{C_2} = \frac{A_1}{A_2}$ بثبوت (d)

س/ أشرح تجربة (نشاط) موضحا فيها العلاقة بين سعة المتسعة والمساحة السطحية المتقابلة بين اللوحين ؟





ج / الادوات : متسعة ذات صفيحتين متوازيتين مشحونة ، فولطميتر .

الخطوات : ● نربط الصفيحة الموجبة بالطرف الموجب للفولطميتر و الصفيحة السالبة بالطرف السالب نلاحظ انحراف مؤشر الفولطميتر عند قراءة معينة ΔV عندما تكون المساحة المتقابلة بين اللوحين A .

● نبدأ بتقليل المساحة السطحية المتقابلة الى النصف 1/2A وذلك بإزاحة احدى الصفيحتين جانبا نلاحظ ازدياد قراءة الفولطميتر الى ضعف ما كانت عليه 2ΔV فتقل سعة المتسعة على وفق العلاقة $c = \frac{Q}{\Delta V}$ بثبوت الشحنة .

الاستنتاج : نستنتج أن سعة المتسعة تقل بنقصان المساحة المتقابلة بين اللوحين والعكس صحيح أي أن : سعة المتسعة C لمتسعة ذات صفيحتين متوازيتين تتناسب طرديا مع المساحة A المتقابلة بين الصفيحتين ($C \propto A$) .

ثانيا : *البعد بين الصفيحتين* d :

س/ ما لعلاقة بين سعة المتسعة C والبعد بين الصفيحتين d ؟ وما تفسير تلك العلاقة ؟

ج/ إن العلاقة عكسية بين السعة C والبعد d بين لوحي المتسعة وسبب ذلك هو ثبوت المجال الكهربائي بثبوت الشحنة Q وبالتالي $\Delta V \; \alpha \; d$ تبعا للعلاقة $\Delta V = E\,d$ وبما أن $C \; \alpha \; \frac{1}{\Delta V}$ لذا فإن $C \; \alpha \; \frac{1}{d}$.

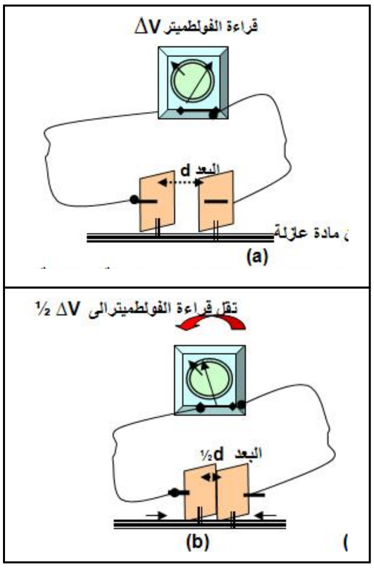
س/ ماذا يحدث لسعة المتسعة عند مضاعفة البعد بين اللوحين ؟ ولماذا ؟

ج / تقل سعة المتسعة إلى النصف . لأنها تتناسب عكسيا مع البعد بين اللوحين ولإثبات ذلك :

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 A}{d_2} = \frac{\epsilon_0 A}{2\,d_1} = \frac{1}{2}\,\frac{\epsilon_0 A}{d_1} = \frac{1}{2}\,C_1 \quad (d_2 = 2\,d_1)$$

س/ اشرح نشاط يبين العلاقة بين سعة المتسعة والبعد بين الصفيحتين ؟

ج / الادوات : متسعة ذات صفيحتين متوازيتين مشحونة ، فولطميتر .



الخطوات : ● نربط الصفيحة الموجبة بالطرف الموجب للفولطميتر والصفيحة السالبة بالطرف السالب نلاحظ انحراف مؤشر الفولطميتر عند قراءة معينة ΔV عندما يكون البعد بين الصفيحتين هو d .

● نبدأ بتقريب الصفيحتين من بعضهما الى البعد $(\frac{1}{2}\,d)$ نلاحظ أن قراءة الفولطميتر تقل الى نصف ما كان عليه $\frac{1}{2}\,\Delta V$. وهذا يعني أن سعة المتسعة تزداد على وفق العلاقة $c = \frac{Q}{\Delta V}$ بثبوت الشحنة .

الاستنتاج : نستنتج أن سعة المتسعة تزداد بنقصان البعد بين اللوحين والعكس صحيح أي أن :

سعة المتسعة C لمتسعة ذات صفيحتين متوازيتين تتناسب عكسيا مع البعد d بين الصفيحتين $(C \propto \frac{1}{d})$

مثال/2 متسعة ذات صفيحتين متوازيتين البعد بينهما (0.5cm) وكل من صفيحتيها مربعة الشكل طول ضلع كل منها (10cm) ويفصل بينهما الفراغ

(علما أن ثابت السماحية الكهربائية للفراغ $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2$)

احسب :

1- سعة المتسعة .

2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها بعد تسليط فرق جهد مقداره 10V بينهما .

الجواب// نجد مساحة الصفيحة الواحدة (مربعة الشكل)

$$A = 10 \times 10^{-2} \times 10 \times 10^{-2} = 10^{-2}\ m^2$$

1- لايجاد سعة المتسعة لدينا العلاقة :

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$C = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-3}} = \frac{8.85 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-3}} = 1.77 \times 10^{-11} F$$

2- لايجاد الشحنة المختزنة لدينا العلاقة : $Q = C\,\Delta V = 1.77 \times 10^{-11} \times 10 = 17.7 \times 10^{-11} C$

مثال / متسعة ذات صفيحتين متوازيتين كل من صفيحتها مربعة الشكل البعد بين صفيحتيها 2.5mm ربطت الى طرفي بطارية فرق جهدها 10V فشحنت بشحنة مقدارها 88.5pc جد طول ضلع الصفيحة الواحدة ؟ **الجواب//**

لدينا العلاقة : $C = \frac{Q}{\Delta V}$

$C = \frac{88.5 \times 10^{-12}}{10} = 8.85 \times 10^{-12}\ F$

وكذلك لدينا العلاقة : $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

$8.85 \times 10^{-12} = \frac{8.85 \times 10^{-12} \times A}{2.5 \times 10^{-3}}$

$\therefore A = 25 \times 10^{-4}\ m^2$

وبما أن مساحة المربع تعطى بالعلاقة : $A = \ell^2$

طول ضلع الصفيحة الواحدة $\therefore \ell = \sqrt{A} = \sqrt{25 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^{-2}\ m$

الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة

س/ ما هو منشأ الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة ؟

ج/ عند نقل الشحنة الكهربائية من صفيحة إلى أخرى يتطلب ذلك انجاز شغل عليها وحسب قانون حفظ الطاقة يخزن ذلك الشغل بهيئة طاقة كامنة كهربائية (PE electric) في المجال الكهربائي بين الصفيحتين

ملاحظة / عند رسم مخطط بياني بين الشحنة على لوحي متسعة وفرق الجهد على طرفيها فإن :

الطاقة المختزنة = المساحة تحت المنحني (مساحة المثلث) .

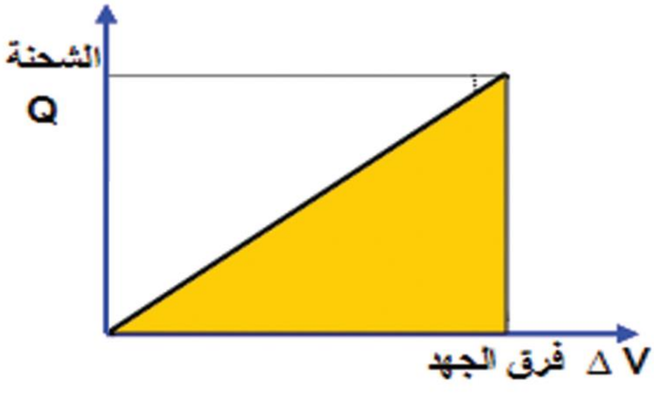
مساحة المثلث = نصف القاعدة × الارتفاع

$P.E_{electric} = \frac{1}{2}\ \Delta V \cdot Q$

$\because Q = C \cdot \Delta V$

$\therefore P.E_{electric} = \frac{1}{2}\ \Delta V \cdot C \cdot \Delta V$

$P.E_{electric} = \frac{1}{2}\ C\,\Delta V^2$



$\because \Delta V = \frac{Q}{C}$

$P.E_{electric} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q}{C} \cdot Q$

$P.E_{electric} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$

ملاحظه اذا طلب منك الطاقة المختزنة في مجموعة متسعات فإن : $P.E_{total} = \frac{1}{2}\ \Delta V_T \cdot Q_T$

مثال6/ ما مقدار الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لمتسعة سعتها $2\mu F$ اذا شحنت لفرق جهد كهربائي $5000V$ وما مقدار القدرة التي نحصل عليها عند تفريغها بزمن $10\mu s$ ؟

الجواب //

$$P.E_{electric} = \frac{1}{2} C \times \Delta V^2$$

$$P.E_{electric} = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-6} \times (5 \times 10^3)^2 = 10^{-6} \times 25 \times 10^6 = 25\, J$$

القدرة

$$Power(P) = \frac{P.E_{electric}}{time(t)} = \frac{25}{10 \times 10^{-6}} = 2500000\, watt$$

س 2: عند مضاعفة مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي متسعة ذات سعة ثابتة ، وضح ماذا يحصل لمقدار كل من:a) الشحنة المختزنة (Q) في أي من صفيحتيها .

b) الطاقة المحتزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها

الجواب :

a) تتضاعف الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها عند مضاعفة فرق الجهد .

التوضيح :

$$Q = C\,\Delta V$$

بثبوت السعة

$$Q \propto \Delta V$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\Delta V_2}{\Delta V_1} = \frac{2\,(\Delta V_1)}{\Delta V_1} = 2$$

$$Q_2 = 2\,Q_1$$

b) تزداد الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي الى أربع أمثال ما كانت عليه .

التوضيح : على وفق العلاقة :

$$P.E_{electric} = \frac{1}{2} C \times \Delta V^2$$

$$\frac{P.E_2}{P.E_1} = \frac{\frac{1}{2} C \times \Delta V_2{}^2}{\frac{1}{2} C \times \Delta V_1{}^2} = \frac{(2\,\Delta V_1)^2}{\Delta V_1{}^2} = 4$$

$$P.E_2 = 4\,P.E_1$$

س واجب // وضح كيف تتغير الطاقة المختزنة في متسعة مشحونة ومفصولة عن المصدر إذا ضوعفت المسافة بين اللوحين ؟

س واجب // وضح كيف تتغير الطاقة المختزنة في متسعة مشحونة ومفصولة عن المصدر إذا ضوعفت المساحة المتقابلة بين اللوحين ؟

س واجب /ماذا يحدث للطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لمتسعة متصلة بالمصدر عند ادخال عازل ثابت عزله k

س واجب // ماذا يحدث للطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لمتسعة مشحونة ومفصولة عن المصدر عند ادخال عازل ثابت عزله k .

س12/ متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عازل بين صفيحتيها ، شحنت بوساطة بطارية ثم فصلت عنها، ثم أدخل عازل ثابت عزله (2) بين صفيحتيها ، ماذا يحدث لكل من الكميات الآتية (مع ذكر السبب) ؟

a- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها . b– سعتها . c– فرق الجهد بين صفيحتيها .
d– المجال الكهربائي بين صفيحتيها . e– الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين الصفيحتين .

ج/ a- الشحنة تبقى ثابتة ، لأن المتسعة مفصولة عن المصدر .

b- سعتها تزداد على وفق العلاقة : $C_K = K\,C = 2\,C$.

c- فرق الجهد بين الصفيحتين يقل إلى النصف وفقاً للعلاقة : $\Delta V_k = \frac{\Delta V}{K} = \frac{1}{2}\,\Delta V$.

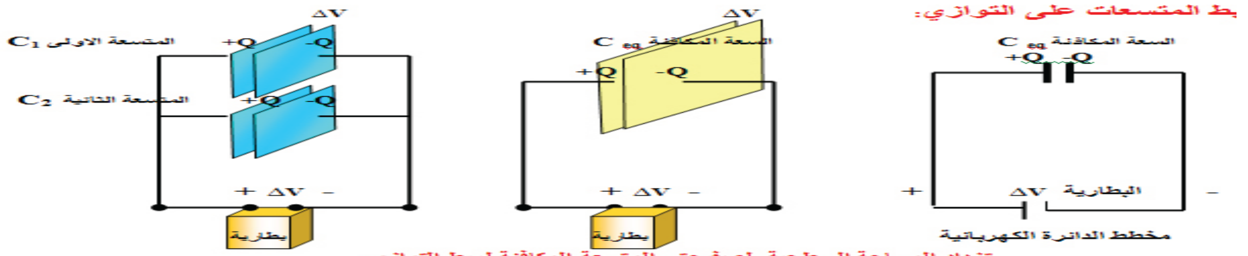
d- يقل المجال الكهربائي إلى النصف على وفق العلاقة : $E_k = \frac{E}{K} = \frac{1}{2}E$

e- تقل الطاقة المختزنة إلى النصف على وفق العلاقة :

$$P.E_K = \frac{1}{2}\,\Delta V_K\,.\,Q = \frac{1}{2} \times \left(\frac{1}{2}\,\Delta V\right).\,Q = \frac{1}{2}\,P.E$$

طرق ربط المتسعات

أولا : <u>ربط التوازي</u> :



تزداد المساحة السطحية لصفيحتي المتسعة المكافئة لربط التوازي (بثبوت البعد بين الصفيحتين ونوع العازل) فتزداد السعة المكافئة .

1) الشحنة الكلية تساوي المجموع الجبري للشحنة على طرفي كل متسعة.

$Q_T = Q_1 + Q_2 + \ldots\ldots$

2) فرق الجهد الكلي (للمصدر) يساوي فرق الجهد على طرفي كل متسعة.

$\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \ldots\ldots$

3) السعة المكافئة تساوي المجموع الجبري لسعة كل المتسعات المربوطة.

$C_{eq} = C_1 + C_2 + \ldots\ldots$

س/ مالفائدة العملية من ربط المتسعات على التوازي ؟

ج / لغرض زيادة السعة المكافئة للمجموعة .

س/ اشتق قانون السعة المكافئة لمجموعة متسعات مربوطة على التوازي ؟

ج/ الطريقة الأولى :

$\because\ Q_T = Q_1 + Q_2 + \ldots$

$\because\ Q = C\Delta V$

$\therefore C_{eq}\,.\Delta V_T = C_1\Delta V_1 + C_2\Delta V_2 + \ldots\ldots \qquad (\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \ldots)$

$\therefore C_{eq}\,.\cancel{\Delta V}_T = \cancel{\Delta V}_T\,(C_1 + C_2 + \ldots$

$C_{eq} = C_1 + C_2 + \ldots.$

الطريقة الثانية :

$$C_{eq} = \frac{Q_T}{\Delta V_T} = \frac{Q_1 + Q_2 + \cdots}{\Delta V} = \frac{Q_1}{\Delta V} + \frac{Q_2}{\Delta V} + \cdots = C1 + C2 + \cdots$$

س9(f)1-/ مالتفسير الفيزياوي لزيادة السعة المكافئة لمجموعة متسعات ربطت على التوازي ؟

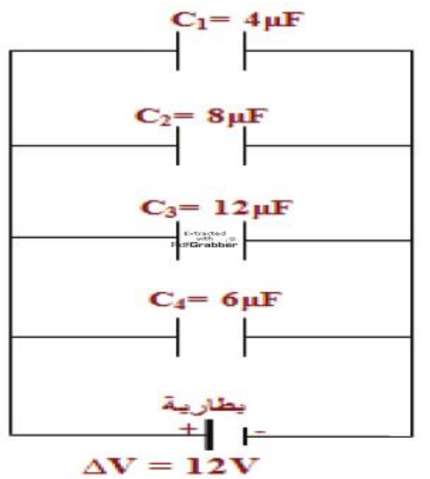
ج / في حالة ربط التوازي تزداد المساحة السطحية للمتسعة المكافئة مما يؤدي إلى زيادة السعة المكافئة وفقاً للعلاقة : $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ وتكون السعة المكافئة اكبر من أكبر سعة في المجموعة .

مثال / أربع متسعات سعاتهاحسب الترتيب (4μF , 8μF , 12μF , 6μF) مربوطة مع بعضها على التوازي ، ربطت المجموعه الى طرفي بطارية فرق الجهد بينهما (12V) احسب مقدار :

1- السعة المكافئة للمجموعة . 2-الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة .

3- الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة .

الجواب // 1- نحسب السعة المكافئة للمجموعه من العلاقة :



$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$

$C_{eq} = 4 + 8 + 12 + 6 = 30\ \mu F$

2- بما أن المتسعات مربوطة معا على التوازي فيكون فرق الجهد ثابت على طرفيكل متسعة .

$\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = \Delta V_4 = 12V$

$Q_1 = C_1\ \Delta V = 4 \times 12 = 48\ \mu$ coul.

$Q_2 = C_2\ \Delta V = 8 \times 12 = 96\ \mu$ coul.

$Q_3 = C_3\ \Delta V = 12 \times 12 = 144\ \mu$ coul.

$Q_4 = C_4\ \Delta V = 6 \times 12 = 72\ \mu$ coul.

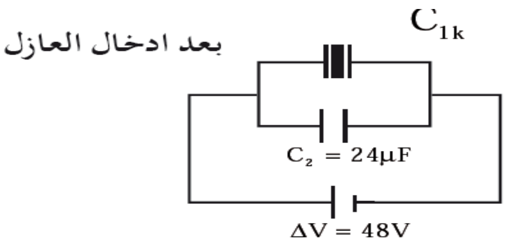
3- لحساب الشحنة المختزنة في المجموعة لدينا العلاقة : $Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$

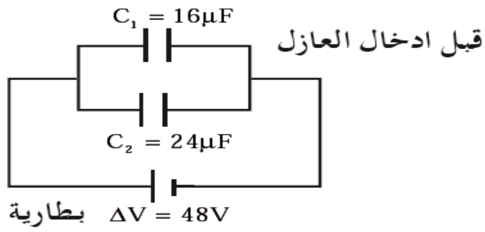
$Q_T = 48 + 96 + 144 + 72 = 360\ \mu$ coul

أو $Q_T = C_{eq}\ \Delta V = 30 \times 12 = 360\ \mu$ coul

ملاحظة / أذا أدخل عازل بين صفيحتي احدى المتسعات والمجموعة لازالت متصلة بالمصدر فإن فرق جهد المجموعة يبقى ثابتا $(\Delta V_{Tk} = \Delta V_T)$ والشحنة المختزنة في المجموعة تزداد لكن ليس بنسبة k $(Q_{Tk} > Q_T)$.

س4 // متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية $(C_1 = 16\ \mu F\ , C_2 = 24\mu F)$ مربوطتان معا على التوازي ومجموعتهما ربطت بين طرفي بطارية فرق الجهد بينهما (48V) ، إذا ادخل لوح عازل ثابت عزله k بين صفيحتي المتسعة الاولى وما زالت المجموعة متصلة بالمصدر فكانت الشحنة الكلية للمجموعة $(3456\mu F)$ ما مقدار : a- ثابت العزل k . b– الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة قبل وبعد إدخال العازل.





الجواب //

a- بما ان المجموعة بقية متصلة بالمصدر فان : $\Delta V_{Tk} = \Delta V_T = 48\ V$

نجد السعة المكافئة بعد ادخال العازل باستخدام العلاقة :

$$C_{eq\ k} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}}$$

$$C_{eqk} = \frac{3456}{48} = 72\mu F$$

ثم نجد سعة المتسعة الاولى بعد وضع العازل من العلاقة :

$$C_{eqk} = C_{1k} + C_2$$

$$72 = C_{1k} + 24$$

$$\therefore C_{1k} = 72 - 24 = 48\mu F$$

ثم نحسب ثابت العزل من العلاقة :

$$K = \frac{C_{1k}}{C1} = \frac{48}{16} = 3$$

b- قبل العازل :

فروق الجهد على طرفي كل متسعة تكون متساوية لان الربط على التوازي

$\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = 48V$

$Q_1 = C_1\ \Delta V = 16 \times 48 = 768\mu c$

$Q_2 = C_2\ \Delta V = 24 \times 48 = 1152\ \mu c$

بعد العازل :

$\Delta V_{Tk} = \Delta V_{1k} = \Delta V_{2k} = 48V$

$Q_{1k} = C_{1k}\ \Delta V_{1k} = 48 \times 48 = 2304\mu c$

$Q_{2k} = C_2\ \Delta V_{2k} = 24 \times 48 = 1152\ \mu c$

مثال // متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية سعة كل منهما على الترتيب ($4\mu F$, $8\mu F$) تم ربطهما معاً على التوازي الى طرفي بطارية فشحنت المجموعة بشحنة كهربائية مقدارها ($144\mu c$) فاذا وضع عازل كهربائي ثابت عزله 2 بين صفيحتي المتسعة الاولى ولازالت المجموعة تتصل بالمصدر احسب الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة قبل وبعد ادخال العازل .

الجواب //

قبل العازل :

نجد السعة المكافئة للمجموعة باستخدام العلاقة : $C_{eq} = C_1 + C_2 = 4 + 8 = 12\ \mu F$

ثم نجد فرق جهد المصدر باستخدام العلاقة :

$$\Delta V_T = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{144}{12} = 12\ V$$

وبما ان الربط هو توازي فإن :

$\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = 12V$

$Q_1 = C_1\ \Delta V = 4 \times 12 = 48\ \mu c$

$Q_2 = C_2\ \Delta V = 8 \times 12 = 96\ \mu c$

ولحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة لدينا العلاقة :

$$P.E_1 = \frac{1}{2}\ \Delta V_1 . Q_1 = \frac{1}{2} \times 12 \times 48 \times 10^{-6} = 288 \times 10^{-6}\ Joul$$

$$P.E_2 = \frac{1}{2}\ \Delta V_2 . Q_2 = \frac{1}{2} \times 12 \times 96 \times 10^{-6} = 576 \times 10^{-6}\ Joul$$

بعد العازل :

نجد أولا سعة المتسعة الاولى بعد ادخال العازل باستخدام العلاقة :

$C_{1k} = K . C_1$

$C_{1k} = 2 \times 4 = 8\ \mu F$

بما ان المجموعة بقيت متصلة بالمصدر فإن :

$\Delta V_{Tk} = \Delta V_T = 12\ V$

وبما ان الربط هو توازي فإن : $\Delta V_{Tk} = \Delta V_{1k} = \Delta V_{2k} = 12V$

$Q_{1k} = C_{1k}\ \Delta V_{2k} = 8 \times 12 = 96\ \mu c$

$Q_{2k} = C_2\ \Delta V_{2k} = 8 \times 12 = 96\ \mu c$

ولحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة بعد ادخال العازل لدينا العلاقة :

$$P.E_{1k} = \frac{1}{2}\ \Delta V_{1k} . Q_{1k} = \frac{1}{2} \times 12 \times 96 \times 10^{-6} = 576 \times 10^{-6}\ Joul$$

$$P.E_{2k} = \frac{1}{2}\ \Delta V_{2k} . Q_{2k} = \frac{1}{2} \times 12 \times 96 \times 10^{-6} = 576 \times 10^{-6}\ Joul$$

مثال واجب (وزاري)/ متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 26\mu F$, $C_2 = 18\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي ومجموعتهما مربوطة الى طرفي بطارية فرق الجهد بين طرفيها (50V) ، اذا أدخل عازل كهربائي ثابت عزله K بين صفيحتي المتسعة الاولى ومازالت المجموعة متصلة بالمصدر فكانت الشحنة الكلية (3500μc) ما مقدار ؟ 1- ثابت العزل K . 2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة بعد إدخال العازل .

الجواب //

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

ملاحظة // أذا أدخل عازل بين صفيحتي احدى المتسعات والمجموعة مفصولة عن المصدر فإن فرق جهد المجموعة يقل لكن ليس بنسبة K ($\Delta V_{Tk} < \Delta V_T$) والشحنة المختزنة في المجموعة تبقى ثابتة ($Q_{Tk} = Q_T$)

س5/ متسعتان ($C_1 = 4\mu F$, $C_2 = 8\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي . فإذا شحنت المجموعة بشحنة كلية (600 μ coulomb) بوساطة مصدر للفولطية المستمرة ثم فصلت عنه .

a- احسب لكل متسعة الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها والطاقة المختزنة في مجالها الكهربائي .

b- أدخل لوح عازل ثابت عزله (2) بين صفيحتي المتسعة الثانية ، فما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة وفرق الجهد والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة .

الجواب //

a- نجد اولا السعة المكافئة باستخدام العلاقة :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 4 + 8 = 12\ \mu F$$

ثم نجد فرق جهد المصدر من العلاقة :

$$\Delta V_T = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{600}{12} = 50\ V$$

وبما ان الربط على التوازي فإن :

$$\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = 50V$$

$$Q_1 = C_1\ \Delta V = 4 \times 50 = 200\ \mu c$$

$$Q_2 = C_2\ \Delta V = 8 \times 50 = 400\ \mu c$$

ولحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة لدينا العلاقة :

$$P.\ E_1 = \frac{1}{2}\ \Delta V_1 \ .\ Q_1 = \frac{1}{2} \times 50 \times 200 \times 10^{-6} = 5000 \times 10^{-6}\ Joul$$

$$P.\ E_2 = \frac{1}{2}\ \Delta V_2 \ .\ Q_2 = \frac{1}{2} \times 50 \times 400 \times 10^{-6} = 10000 \times 10^{-6}\ Joul$$

b- نجد أولا سعة المتسعة الثانية بعد ادخال العازل باستخدام العلاقة :

$$C_{2k} = K\ .\ C_2$$

$$C_{2k} = 2 \times 8 = 16\ \mu F$$

ثم نجد السعة المكافئة بعد ادخال العازل باستخدام العلاقة :

$$C_{eqk} = C_1 + C_{2k} = 4 + 16 = 20\ \mu F$$

وبما أن المجموعة مفصولة عن المصدر فان الشحنة الكلية تبقى ثابتة : $Q_{Tk} = Q_T = 600\ \mu c$

ثم نجد فرق جهد المجموعة بعد العازل من العلاقة :

$$\Delta V_{Tk} = \frac{Q_{Tk}}{C_{eqk}} = \frac{600}{20} = 30\ V$$

وبما ان الربط على التوازي فإن :

$$\Delta V_{Tk} = \Delta V_{1k} = \Delta V_{2k} = 30V$$

$$Q_{1k} = C_1\ \Delta V_{1k} = 4 \times 30 = 120\ \mu c$$

$$Q_{2k} = C_{2k}\ \Delta V_{2k} = 16 \times 30 = 480\ \mu c$$

ولحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة لدينا العلاقة :

$$P.\ E_{1k} = \frac{1}{2}\ \Delta V_{1k} \ .\ Q_{1k} = \frac{1}{2} \times 30 \times 120 \times 10^{-6} = 1800 \times 10^{-6}\ Joul$$

$$P.\ E_{2k} = \frac{1}{2}\ \Delta V_{2k} \ .\ Q_{2k} = \frac{1}{2} \times 30 \times 480 \times 10^{-6} = 7200 \times 10^{-6}\ Joul$$

مثال واجب (وزاري) // متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية ($C_1 = 12\mu F$, $C_2 = 6\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي فشحنت المجموعة بشحنة مقدارها ($180\ \mu c$) بوساطة مصدر فولطية متناوبة ثم فصلت عنه : 1- احسب لكل متسعة الشحنة المختزنة في أي صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة في مجالها الكهربائي . 2- أدخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها 4 بين صفيحتي المتسعة الثانية ، فما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة وفرق جهد كل متسعة بعد ادخال المادة العازلة .

الجواب //

مثال / متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية سعاتهما حسب الترتيب (5μF , 15μF) مربوطتان الى طرفي بطارية فرق جهدها 12V إذا فصلت عن المصدر وادخل عازل كهربائي بين صفيحتي المتسعة الاولى هبط فرق الجهد بمقدار 8V احسب :

1- مقدار ثابت العزل . 2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة في مجالها الكهربائي بعد إدخال المادة العازلة .

الجواب // 1- نجد السعة المكافئة للمجموعة باستخدام العلاقة :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 5 + 15 = 20\ \mu F$$

الشحنة المختزنة في المجموعة

$$Q_T = C_{eq}\,\Delta V = 20 \times 12 = 240\ \mu\ coul$$

لأن المجموعة فصلت عن المصدر

$$Q_{Tk} = Q_T = 240\ \mu c$$

فرق جهد المجموعة هبط بمقدار 8V أي:

$$\Delta V_{Tk} = \Delta V_T - 8 = 12 - 8 = 4V$$

نجد السعة المكافئة بعد العازل

$$C_{eq\ k} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}} = \frac{240}{4} = 60\ \mu F$$

ثم نحسب السعة الاولى بعد العازل :

$$C_{eqk} = C_{1k} + C_2$$

$$60 = C_{1k} + 15$$

$$\therefore C_{1k} = 60 - 15 = 45\mu F$$

نجد ثابت العزل من العلاقة :

$$K = \frac{C_{1k}}{C1}$$

$$K = \frac{45}{5} = 9$$

2- بما ان الربط على التوازي فإن :

$$\Delta V_{Tk} = \Delta V_{1k} = \Delta V_{2k} = 4V$$

$$Q_{1k} = C_{1k}\,\Delta V_{1k} = 45 \times 4 = 180\ \mu c$$

$$Q_{2k} = C_2\,\Delta V_{2k} = 15 \times 4 = 60\ \mu c$$

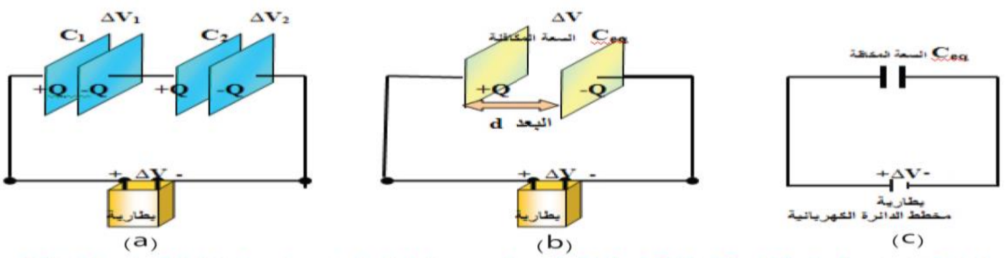
ولحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة لدينا العلاقة :

$$P.\ E_{electric} = \frac{1}{2}\,\Delta V \,.\, Q$$

$$P.\ E_{1k} = \frac{1}{2}\,\Delta V_{1k} \,.\, Q_{1k} = \frac{1}{2} \times 4 \times 180 \times 10^{-6} = 360 \times 10^{-6}\ Joul$$

$$P.\ E_{2k} = \frac{1}{2}\,\Delta V_{2k} \,.\, Q_{2k} = \frac{1}{2} \times 4 \times 60 \times 10^{-6} = 120 \times 10^{-6}\ Joul$$

ثانيا : ***ربط التوالي*** :



يزداد البعد بين صفيحتي المتسعة المكافئة لربط التوالي (بثبوت مساحة الصفيحتين ونوع العازل) فتقل السعة المكافئة.

1) الشحنة الكلية تساوي الشحنة المختزنة على أي من صفيحتي كل متسعة.

1) $Q_T = Q_1 = Q_2 = \ldots$

2) فرق الجهد على طرفي المجموعة يعادل المجموع الجبري لفروق الجهد على طرفي كل متسعة

2) $\Delta V_T = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \ldots$

3) مقلوب السعة المكافئة يساوي المجموع الجبري لمقلوب سعة كل متسعة .

3) $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \cdots$

س/ أثبت أن السعة المكافئة لمجموعة متسعات مربوطة على التوالي تعطى بالعلاقة :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \cdots$$

ج/ الطريقة الأولى :- بما أن :

$$V_T = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

وبما أن :

$$\Delta V = \frac{Q}{C}$$

فإن :

$$\frac{QT}{C_{eq}} = \frac{Q_1}{C1} + \frac{Q_2}{C2} \quad (Q_T = Q_1 = Q_2)$$

$$\frac{Q_T}{C_{eq}} = Q_T\left(\frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}\right) \rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}$$

or :-

الطريقة الثانية :

$$C_{eq} = \frac{Q_T}{\Delta V_T}$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{\Delta V_T}{Q_T} = \frac{\Delta V_1 + \Delta V_2}{Q}$$

$$\therefore \frac{1}{C_{eq}} = \frac{\Delta V_1}{Q} + \frac{\Delta V_2}{Q} \Rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

س/ ما لفائدة من ربط المتسعات على التوالي ؟

ج / لغرض تطبيق فرق جهد عالي على طرفي المجموعة قد لا تتحمله المتسعة فيما لو كانت منفردة .

س/ علل، إن ربط التوالي للمتسعات يؤدي إلى تطبيق فرق جهد عال على طرفي المجموعة ؟

ج/ لأن ربط التوالي يؤدي إلى نقصان السعة المكافئة للمجموعة وبالتالي زيادة فرق الجهد لأن

$$C \; \alpha \; \frac{1}{\Delta V}$$

ملاحظة

لإيجاد السعة المكافئة بين متسعتين فقط على التوالي نطبق المعادلة :

$$C_{eq} = \frac{C_1 . C_2}{C_1 + C_2}$$

س9(f)2-/ ما لتفسير الفيزيائي لنقصان السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي

ج/ في حالة ربط التوالي يزداد البعد بين الصفيحتين للمتسعة المكافئة مما يؤدي إلى نقصان السعة المكافئة وفقاً للعلاقة : $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ فتكون السعة المكافئة أصغر من أصغر سعة في المجموعة .

س/ علل ، مقدار الشحنه الكليه (Q_T) يساوي الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعه في حالة ربط التوالي .

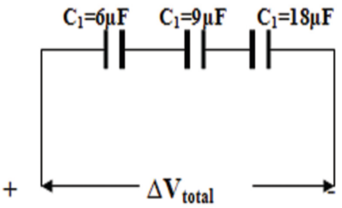
ج/ لان جهد الصفيحتين الداخليتين متساوٍ فهما موصولتان بسلك مع بعضهما حيث يمكن اعتبارهما موصلا واحدا وسطحه هو سطح تساوي الجهد فتظهر عليهما شحنتان متساويتان بالمقدار ومختلفتان النوع بطريقة الحث .

مثال 4/ ثلاث متسعات من ذوات الصفيحتين المتوازيتين سعاتها حسب الترتيب(6μf , 9μF,18μF) مربوطة مع بعضها على التوالي ، شحنت المجموعة بشحنة مقدارها 300μc احسب مقدار

1- السعة المكافئة . 2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة .

3- فرق الجهد الكلي بين طرفي المجموعة .

4- فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة .



الجواب //

1- نجد السعة المكافئة من العلاقة :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$= \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{3+2+1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$$

$\therefore C_{eq} = 3\mu F$ مقدار السعة المكافئة

2- بما أن المتسعات مربوطة معا على التوالي فيكون مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة متساوي ويساوي مقدار الشحنة المختزنة في المجموعة :

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3 = 300\mu C$$

3- نجد فرق الجهد الكلي من العلاقة :

$$\Delta V_T = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{300}{3} = 100V$$

4- نجد فرق الجهد بين طرفي كل متسعة باستخدام العلاقة :

$$\Delta V = \frac{Q}{C}$$

$$\Delta V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{300}{6} = 50\ V$$

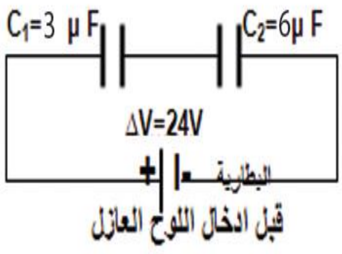
$$\Delta V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{300}{9} = \frac{100}{3}\ V$$

$$\Delta V_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{300}{18} = \frac{50}{3}\ V$$

ملاحظة // أذا أدخل عازل بين صفيحتي احدى المتسعات والمجموعة لازالت متصلة بالمصدر فإن فرق جهد المجموعة يبقى ثابتا ($\Delta V_{Tk} = \Delta V_T$) والشحنة المختزنة في المجموعة تزداد لكن ليس بنسبة k ($Q_{Tk} > Q_T$)

مثال 7/ متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية ($C_1 = 3\mu F$, $C_2 = 6\mu F$) مربوطتان معا على التوالي الى طرفي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (24V) وكان الهواء عازل بين صفيحتي كل منهما اذا أدخل بين صفيحتي كل منهما لوح من مادة عازلة ثابت عزلها 2 يملأ الحيز بينهما (وما زالت المجموعة متصلة بالمصدر) فما مقدار فرق الجهد بين طرفي كل متسعة ، والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل منهما في حالتين : a- قبل إدخال العازل . b– بعد ادخال العازل .

الجواب//



a- قبل العازل نجد أولا السعة المكافئة باستخدام العلاقة :

$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2\mu F$$

ثم نجد الشحنة المختزنة في المجموعة باستعمال العلاقة :

$$Q_T = C_{eq}\, \Delta V_T = 2 \times 24 = 48\ \mu C$$

وبما أن الربط على التوالي فإن :

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = 48\mu C$$

ثم نجد فرق جهد كل متسعة باستخدام العلاقة:

$$\Delta V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{48}{3} = 16\ V$$

$$\Delta V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{48}{6} = 8\ V$$

ولحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة لدينا العلاقة :

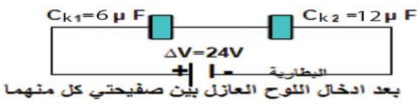
$$P.E_{electric} = \frac{1}{2}\,\Delta V \cdot Q$$

$$P.E_1 = \frac{1}{2}\,\Delta V_1 \cdot Q_1 = \frac{1}{2} \times 16 \times 48 \times 10^{-6} = 384 \times 10^{-6}\ Joul$$

$$P.E_2 = \frac{1}{2}\,\Delta V_2 \cdot Q_2 = \frac{1}{2} \times 8 \times 48 \times 10^{-6} = 192 \times 10^{-6}\ Joul$$

b- بعد ادخال العازل:

نجد أولا سعة كل متسعة بعد ادخال العازل لان العازل في كلتا المتسعتين :



$$C_{1k} = K \cdot C_1 = 2 \times 3 = 6\mu F$$

$$C_{2k} = K \cdot C_2 = 2 \times 6 = 12\mu F$$

ثم نجد السعة المكافئة بعد ادخال العازل

$$C_{eqk} = \frac{C_{1k} \cdot C_{2k}}{C_{1k} + C_{2k}} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = \frac{72}{18} = 4\mu F$$

بما أن المجموعة بقيت متصلة بالمصدر فإن :

$$\Delta V_{Tk} = \Delta V_T = 24\ V$$

ثم نجد الشحنة المختزنة في المجموعة بعد العازل باستعمال العلاقة :

$$Q_{Tk} = C_{eqk}\, \Delta V_{Tk} = 4 \times 24 = 96\ \mu C$$

وبما أن الربط على التوالي فإن :

$$Q_{Tk} = Q_{1k} = Q_{2k} = 96\mu C$$

ثم نجد فرق جهد كل متسعة بعد العازل باستخدام العلاقة:

$$\Delta V_{1k} = \frac{Q_{1k}}{C_{1k}} = \frac{96}{6} = 16\ V$$

$$\Delta V_{2k} = \frac{Q_{2k}}{C_{2k}} = \frac{96}{12} = 8\ V$$

ولحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة لدينا العلاقة :

$$P.E_{electric} = \frac{1}{2}\,\Delta V \cdot Q$$

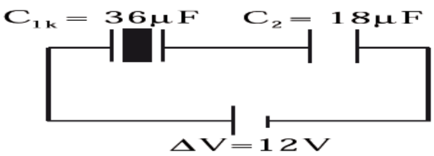
$$P.\,E_{1k} = \frac{1}{2}\,\Delta V_{1k}\,.\,Q_{1k} = \frac{1}{2} \times 16 \times 96 \times 10^{-6} = 768 \times 10^{-6}\ \text{Joul}$$

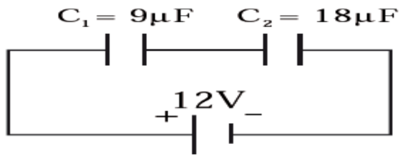
$$P.\,E_{2k} = \frac{1}{2}\,\Delta V_{2k}\,.\,Q_{2k} = \frac{1}{2} \times 8 \times 96 \times 10^{-6} = 384 \times 10^{-6}\ \text{Joul}$$

س3 / متسعتان ($C_1 = 9\mu F$, $C_2 = 18\ \mu F$) من ذوات الصفائح المتوازية مربوطتان مع بعضهما على التوالي ، وربطت مجموعتهما مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها 12V .

a- احسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها .

b- أدخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله 4 بين صفيحتي المتسعة الاولى (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة) فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة والطاقة المختزنة فيها بعد ادخال العازل ؟





الجواب // a- نجد أولا السعة المكافئة باستخدام العلاقة :

$$C_{eq} = \frac{C_1\,.\,C_2}{C_1 + C_2} = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = \frac{162}{27} = 6\mu F$$

ثم نجد الشحنة المختزنة في المجموعة باستعمال العلاقة :

$$Q_T = C_{eq}\,\Delta V_T = 6 \times 12 = 72\ \mu C$$

وبما أن الربط على التوالي فإن :

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = 72\mu C$$

ثم نجد فرق جهد كل متسعة باستخدام العلاقة:

$$\Delta V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{72}{9} = 8\ V$$

$$\Delta V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{72}{18} = 4\ V$$

ولحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة لدينا العلاقة : $P.\,E_{electric} = \frac{1}{2}\,\Delta V\,.\,Q$

$$P.\,E_1 = \frac{1}{2}\,\Delta V_1\,.\,Q_1 = \frac{1}{2} \times 8 \times 72 \times 10^{-6} = 288 \times 10^{-6}\ \text{Joul}$$

$$P.\,E_2 = \frac{1}{2}\,\Delta V_2\,.\,Q_2 = \frac{1}{2} \times 4 \times 72 \times 10^{-6} = 144 \times 10^{-6}\ \text{Joul}$$

b- نجد أولا سعة المتسعة الاولى بعد ادخال العازل :

$$C_{1k} = K\,.\,C_1 = 4 \times 9 = 36\ \mu F$$

ثم نجد السعة المكافئة بعد ادخال العازل:

$$\frac{1}{C_{eqk}} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{36} + \frac{1}{18} = \frac{1+2}{36} = \frac{3}{36} = \frac{1}{12}$$

$$\therefore C_{eqk} = 12\mu F$$

بما أن المجموعة بقيت متصلة بالمصدر فإن :

$$\Delta V_{Tk} = \Delta V_T = 12\ V$$

ثم نجد الشحنة المختزنة في المجموعة بعد العازل باستعمال العلاقة :

$$Q_{Tk} = C_{eqk}\,\Delta V_{Tk} = 12 \times 12 = 144\ \mu C$$

وبما أن الربط على التوالي فإن :

$$Q_{Tk} = Q_{1k} = Q_{2k} = 144\ \mu C$$

ثم نجد فرق جهد كل متسعة بعد العازل باستخدام العلاقة:

$$\Delta V_{1k} = \frac{Q_{1k}}{C_{1k}} = \frac{144}{36} = 4\ V$$

$$\Delta V_{2k} = \frac{Q_{2k}}{C_2} = \frac{144}{18} = 8\ V$$

ولحساب الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة لدينا العلاقة :

$$P.E_{1k} = \frac{1}{2}\,\Delta V_{1k} \cdot Q_{1k} = \frac{1}{2} \times 4 \times 144 \times 10^{-6} = 288 \times 10^{-6}\ \text{Joul}$$

$$P.E_{2k} = \frac{1}{2}\,\Delta V_{2k} \cdot Q_{2k} = \frac{1}{2} \times 8 \times 144 \times 10^{-6} = 576 \times 10^{-6}\ \text{Joul}$$

مثال/ متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية ($C_1 = 3\mu F$, $C_2 = 6\mu F$) مربوطتان معا على التوالي الى طرفي بطارية فشحنت المجموعة بشحنة مقدارها $300\mu C$ فاذا وضع عازل كهربائي بين صفيحتي المتسعة الثانية (والمجموعة لازالت تتصل بالمصدر) ازدادت الشحنة الكهربائية بمقدار $100\mu C$ جد مقدار ثابت العزل ؟

الجواب // نجد السعة المكافئة باستخدام العلاقة :

$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2\mu F$$

ثم نجد فرق جهد المصدر باستخدام العلاقة :

$$\Delta V_T = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{300}{2} = 150V$$

بما أن المجموعة بقيت متصلة بالمصدر فان :

$$\Delta V_{Tk} = \Delta V_T = 150\ V$$

وبما أن الشحنة الكلية ازدادت بمقدار $100\mu F$ فان :

$$Q_{Tk} = Q_T + 100 = 300 + 100 = 400\ \mu F$$

ثم نجد السعة المكافئة للمجموعة من العلاقة :

$$C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}} = \frac{400}{150} = \frac{8}{3}\ \mu F$$

وبذلك يمكن حساب سعة المتسعة الثانية بعد العازل:

$$\frac{1}{C_{eqk}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{2k}}$$

$$\frac{3}{8} = \frac{1}{3} + \frac{1}{C_{2k}}$$

$$\frac{1}{C_{2k}} = \frac{3}{8} - \frac{1}{3} = \frac{9-8}{24} = \frac{1}{24}$$

$$\therefore C_{2k} = 24\mu F$$

ثم نحسب ثابت العزل باستعمال العلاقة :

$$K = \frac{C_{2k}}{C_2} = \frac{24}{6} = 4$$

ملاحظة // أذا أدخل عازل بين صفيحتي احدى المتسعات والمجموعة مفصولة عن المصدر فإن فرق جهد المجموعة يقل لكن ليس بنسبة K ($\Delta V_{Tk} < \Delta V_T$) والشحنة المختزنة في المجموعة تبقى ثابتة ($Q_{Tk} = Q_T$)

مثال // متسعتان ($9\mu F$, $18\mu F$) مربوطتان معاً على التوالي الى طرفي بطارية فرق جهدها 12V فاذا فصلت المجموعة عن المصدر وأدخل عازل كهربائي بين صفيحتي المتسعة الأولى هبط فرق الجهد على طرفي المجموعة الى 6V جد 1) مقدار ثابت العزل . 2) مقدار فرق الجهد الكهربائي على طرفي كل متسعة بعد إدخال العازل ؟

الجواب / 1- نجد أولاً مقدار سعة المتسعة المكافئة من العلاقة :

$$C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = \frac{162}{27} = 6\mu F$$

ثم نحسب شحنة المجموعة من العلاقة :

$$Q_T = C_{eq}\,\Delta V_T = 6 \times 12 = 72\ \mu C = Q_{TK}$$

الآن نجد سعة المتسعة المكافئة بعد وضع العازل من العلاقة :

$$C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}} = \frac{72}{6} = 12\ \mu F$$

وبذلك يمكن حساب سعة المتسعة الاولى بعد العازل:

$$\frac{1}{C_{eqk}} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{12} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{18}$$

$$\frac{1}{C_{1k}} = \frac{1}{12} - \frac{1}{18} = \frac{3-2}{36} = \frac{1}{36}$$

$$\therefore C_{1k} = 36\mu F$$

ثم نحسب ثابت العزل باستعمال العلاقة :

$$K = \frac{C_{1k}}{C_1} = \frac{36}{9} = 4$$

b- وبما أن الربط على التوالي فإن :

$$Q_{Tk} = Q_{1k} = Q_{2k} = 72\ \mu C$$

ثم نجد فرق جهد كل متسعة بعد العازل باستخدام العلاقة:

$$\Delta V_{1k} = \frac{Q_{1k}}{C_{1k}} = \frac{72}{36} = 2\ V$$

$$\Delta V_{2k} = \frac{Q_{2k}}{C_2} = \frac{72}{18} = 4\ V$$

مثال (واجب) / متسعتان (6μF, 12μF) مربوطتان معا على التوالي الى طرفي بطارية فشحنت المجموعة بشحنة مقدارها (48 μc) جد : 1) مقدار فرق الجهد على طرفي كل متسعة . 2) اذا فصلت المجموعة عن المصدر وأدخل عازل كهربائي ثابت عزله (3) بين صفيحتي المتسعة الأولى فكم هو فرق الجهد على طرفي كل متسعة بعد العازل وكم هي الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لكل متسعة بعد العازل .

الجواب //

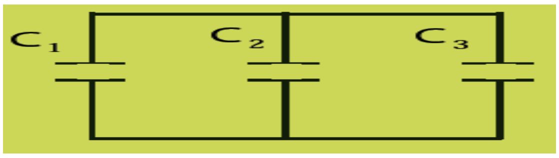
سؤال فكر //ما طريقة ربط مجموعة من المتسعات؟

a- للحصول على سعة مكافئة كبيرة المقدار يمكن بوساطتها تخزين شحنة كهربائية كبيرة المقدار وبفرق جهد واطئ ، اذ لا يمكن الحصول عل ذلك باستعمال متسعة واحدة .

b- لكي يكون بالإمكان وضع فرق جهد كبير على طرفي المجموعة قد لا تتحمله المتسعة المنفردة .

ج/a) تربط مجموعة المتسعات على التوازي مع بعضها فتزداد السعة المكافئة على وفق العلاقة الآتية : $C_{eq} = C_1 + C_2$ فتكون السعة المكافئة أكبر من سعة أية متسعة مربوطة في المجموعة وفي حالة ربط التوازي يبقى فرق الجهد الكلي ΔV_{total} ثابتاً ويكون مساوياً لفرق جهد المتسعة الواحدة

$$\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2$$

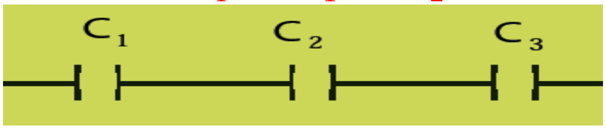


b) تربط المتسعات مع بعضها على التوالي فتقل السعة المكافئة (C_{eq}) وذلك على وفق:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2}$$

وفي حالة ربط التوالي يكون مقدار فرق الجهد الكلي أكبر من مقدار فرق الجهد على أي متسعة

$$\Delta V_T = \Delta V_1 + \Delta V_2$$



س/ قارن بين ربط المتسعات على التوازي وربط المتسعات على التوالي .

ربط التوازي	ربط التوالي
a- الصفائح المتصلة مع بعضها تأخذ شحنات متشابهه .	a- الصفائح المتصلة مع بعضها تأخذ شحنات مختلفة .
b- تزداد السعة المكافئة: $Ceq = C_1 + C_2 + ..$	b- تقل السعة المكافئة: $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}$
c- تزداد الشحنة الكلية $Q_T = Q_1 + Q_2 + ...$	c- تبقى الشحنة الكلية ثابتة $Q_T = Q_1 = Q_2 = ...$
d- فرق جهد المجموعة ثابت: $\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = ...$	d- فرق جهد المجموعة يزداد $\Delta V_T = \Delta V_1 + \Delta V_2 + ...$
e- يستفاد منه لغرض زيادة السعة المكافئة.	e- يستفاد منه لغرض تطبيق فرق جهد عالي على طرفي المجموعة قد لا تتحمله المتسعة المنفردة .

س6/ لديك ثلاث متسعات متماثلة سعة كل منها C ومصدر للفولطية المستمرة . أرسم مخططا لدائرة كهربائية تبين فيه الطريقة المناسبة لربط هذه المتسعات مع بعضها للحصول على أكبر مقدار للطاقة الكهربائية يمكن اختزانه في المجموعة ، ثم أثبت أن الترتيب الذي تختاره هو الأفضل .

ج/ يجب ربط المتسعات الثلاث على التوازي ولإثبات ذلك :

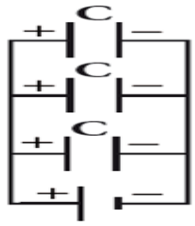
$\because C_{eq} = C + C + C = 3C$

$\therefore \Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3$

$\because P.E = \frac{1}{2} C \Delta V^2$

$\therefore P.E_{eq} = \frac{1}{2} C_{eq} \Delta V_T^2$

$= \frac{1}{2} \times 3C \times \Delta V^2 = 3 \times (\frac{1}{2} C \Delta V^2) = 3P.E$



س6 / لديك ثلاث متسعات ($C_1 = 6\mu F$, $C_2 = 9\mu F$, $C_3 = 18\mu F$) ومصدر فولطية مستمرة فرق الجهد بين طرفيه 6V . وضح مع رسم مخطط لدائرة كهربائية كيفية ربط المتسعات الثلاث مع بعضها للحصول على :

a- أكبر مقدار للسعة المكافئة ، وما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة والشحنة المختزنة في المجموعة .

b- أصغر مقدار للسعة المكافئة ، وما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة والشحنة المختزنة في المجموعة .

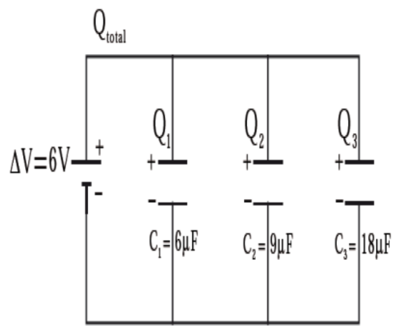
الجواب// a- تربط المتسعات معا على التوازي للحصول على أكبر سعة مكافئة :

$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$

$C_{eq} = 6 + 9 + 18 = 33\mu F$

$\Delta V_T = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 = 6V$ لان الربط توازي

$Q_1 = C_1 \Delta V = 6 \times 6 = 36$ μ ... ul.



$Q_2 = C_2 \Delta V = 9 \times 6 = 54$ μ coul.

$Q_3 = C_3 \Delta V = 18 \times 6 = 108$ μ coul.

$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 36 + 54 + 108 = 198$ μcoul

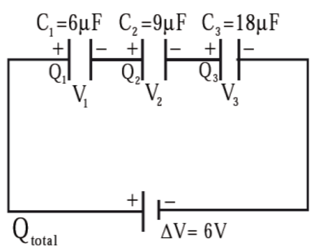
أو $Q_T = C_{eq} . \Delta V_T = 33 \times 6 = 198$ μcoul

b- تربط المتسعات معا على التوالي للحصول على أصغر سعة مكافئة :

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$= \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{3+2+1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$$

$\therefore C_{eq} = 3\mu F$



ولحساب الشحنة المختزنة في المجموعة لدينا العلاقة :

$Q_T = C_{eq} . \Delta V_T$

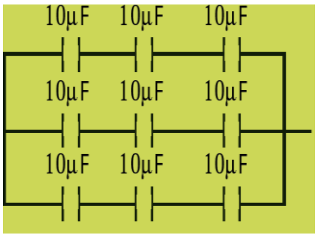
$= 3 \times 6 = 18$ μcoul $= Q_1 = Q_2 = Q_3$ لأن الربط على التوالي

الربط المشترك

سؤال فكر /

إذا طلب منك ربط تسع متسعات متماثلة سعة كل منها 10 μF جميعها مع بعض للحصول على سعة مكافئة مقدارها 10μF وضح طريقة ربط هذه المجموعة من المتسعات وارسم مخططا تبين فيه ذلك .

ج/ نعم ، تربط كل ثلاث متسعات على التوالي لتكون ثلاث مجموعات والمجموعات الثلاث تربط معا عل



$$\frac{1}{C^{-}_{\text{توالي}}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{10}$$

$$C^{-} = \frac{10}{3}\ \mu F$$

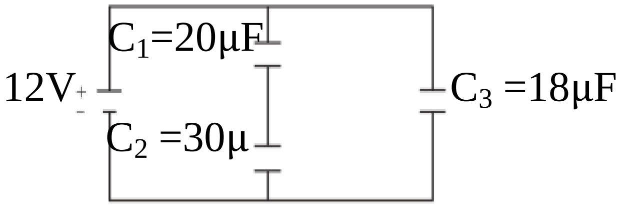
$$\therefore C_{eq} = C^{-} + C^{-} + C^{-} = \frac{10}{3} + \frac{10}{3} + \frac{10}{3} = \frac{30}{3} = 10\ \mu F$$

أو أن تربط كل ثلاث متسعات معا على التوازي لتكون ثلاث مجموعات والمجموعات الثلاث تربط معا على التوالي (الرسم والإثبات يترك للطالب) .

مثال5 / من المعلومات المثبتة في الشكل احسب :

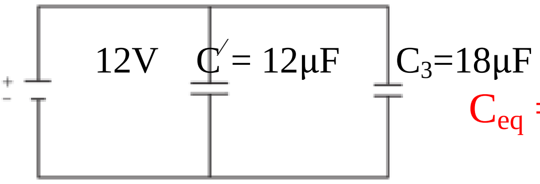
1- السعة المكافئة . 2- الشحنة المختزنة في المجموعة

3- الشحنة المختزنة في أي صفيحتي كل متسعة .



الجواب//1- نجد C' بين (C_1 ,C_2) على التوالي :

$$C' = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{20 \times 30}{20 + 30} = \frac{600}{50} = 12\mu F$$

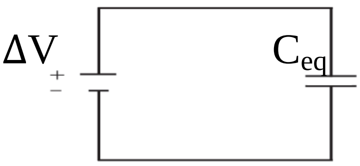


ثم نجد السعة المكافئة C_{eq} بين (C' , C_3) على التوازي :

$$C_{eq} = C' + C_3 = 12 + 18 = 30\ \mu F$$

2- نجد الشحنة المختزنة في المجموعة من العلاقة :

$$\mathbf{Q_T = C_{eq}\, \Delta V_T = 30 \times 12 = 360\ \mu C}$$



3- بما أن (C' , C_3) مربوطتان معا على التوازي لذا :

$$\Delta V_T = \Delta V' = \Delta V_3 = 12V$$

نجد الشحنة المختزنة في فرع التوالي Q' من العلاقة :

$$Q' = C' \times \Delta V' = 12 \times 12 = 144\mu coul = Q_1 = Q_2$$ (لان الربط توالي)

وأخيرا نجد Q_3 من العلاقة :

$$\mathbf{Q_3 = C_3\, \Delta V_3 = 18 \times 12 = 216\ \mu C}$$

إضافة : في المثال اعلاه لو وضع عازل كهربائي بين صفيحتي المتسعة الاولى والمجموعة لازالت متصلة بالمصدر أصبحت الشحنة المختزنة في المجموعة 456μc جد مقدار ثابت العزل ؟

الحل// بما أن المجموعة متصلة بالمصدر فان : $\Delta V_{Tk} = \Delta V_T = 12V$

نجد السعة المكافئة بعد ادخال العازل : $C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}} = \frac{456}{12} = 38\mu F$

نحسب سعة فرع التوالي بعد العازل C'_k : $C_{eqk} = C'_k + C_3$

حيث : $C'_k = C_{eqk} - C_3 = 38-18 = 20\mu F$

ثم نحسب سعة المتسعة الاولى بعد العازل: $\frac{1}{C'_k} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{C_2}$ حيث :

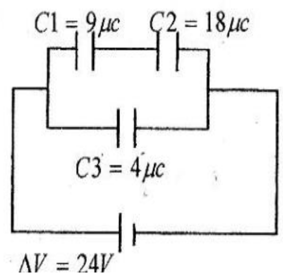
$$\frac{1}{20} = \frac{1}{C_{1k}} + \frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{C_{1k}} = \frac{1}{20} - \frac{1}{30} = \frac{3-2}{60} = \frac{1}{60}$$

$$\therefore C_{1k} = 60\ \mu F$$

وأخيرا نجد ثابت العزل : $K = \frac{C_{1k}}{C_1} = \frac{60}{20} = 3$

مثال وزاري // ثلاث متسعات ربطت معا كما في الشكل وربطت المجموعة عبر طرفي بطارية فرق جهدها 24V أدخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها K بين صفيحتي المتسعة الثالثة والمجموعة لازالت تتصل بالمصدر وكانت الشحنة الكلية للمجموعة 336μF ما مقدار ؟



1) ثابت العزل .
2) الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة بعد العازل

الجواب// 1) نجد C' بين (C_1 , C_2) على التوالي :

$$C' = \frac{C_1 . C_2}{C_1 + C_2} = \frac{9 \times 18}{9 + 18} = \frac{162}{27} = 6\mu F$$

بما أن المجموعة متصلة بالمصدر فإن : $\Delta V_{Tk} = \Delta V_T = 24V$

نجد السعة المكافئة بعد العازل C_{eq} من العلاقة : $C_{eqk} = \frac{Q_{Tk}}{\Delta V_{Tk}} = \frac{336}{24} = 14\mu F$

وبما أن (C' , C_{3k}) مربوطتان معا على التوازي فإن :

$$C_{eqk} = C' + C_{3k}$$

$$14 = 6 + C_{3k}$$

ومنها : $C_{3k} = 14 - 6 = 8\ \mu F$

ثم نجد ثابت العزل من العلاقة: $K = \frac{C_{3k}}{C_3} = \frac{8}{4} = 2$

2) بما أن (C' , C_{3k}) مربوطتان معا على التوازي فإن :

$$\Delta V_{Tk} = \Delta V_{3k} = \Delta V'_k = 24V$$

نجد الشحنة المختزنة في فرع التوالي :

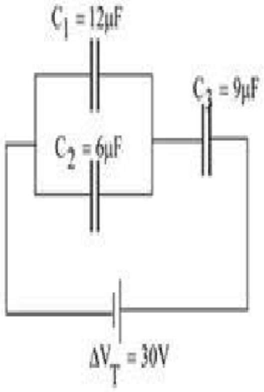
$$Q'_k = C'. \Delta V'_k = 6 \times 24 = 144\ \mu Coul = Q_{1k} = Q_{2k}$$

ثم نجد الشحنة المختزنة في المتسعة الثالثة بعد العازل :

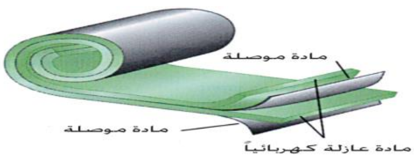
$$Q_{3k} = C_{3k} . \Delta V_{3k} = 8 \times 24 = 192\ \mu Coul$$

مثال (واجب) / // ثلاث متسعات ربطت معا كما في الشكل وربطت المجموعة عبر طرفي بطارية فرق جهدها 30V أدخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها K بين صفيحتي المتسعة الثالثة والمجموعة لازالت تتصل بالمصدر وكانت الشحنة الكلية للمجموعة 360μCoul ما مقدار ؟ 1) ثابت العزل .

2) الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة قبل و بعد العازل.



بعض أنواع المتسعات

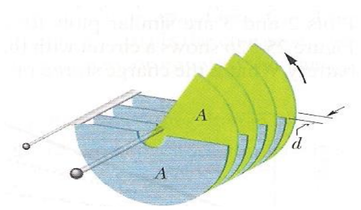


A) المتسعة ذات الورق المشمع :

س/ علل ، تستعمل المتسعة ذات الورق المشمع في العديد من الأجهزة الكهربائية و الإلكترونية ؟

ج / 1) لصغر حجمها .   2) كبر مساحتها .

B) المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح المتحركة :



س/7 هل المتسعات المؤلفة للمتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح المتحركة تكون مربوطة مع بعضها على التوالي ؟ أم على التوازي ؟

ج /المتسعات المؤلفة للمتسعة متغيرة السعة تكون مربوطة مع بعضها على التوازي إذ تتألف من مجموعتين من الصفائح، إحداهما ثابتة والأخرى يمكن تدويرها حول محور .وعندما يراد شحن المتسعة تربط مجموعة الصفائح الثابتة بأحد قطبي البطارية (الموجب مثلاً) ومجموعة الصفائح الدوارة تربط بالقطب الآخر (السالب مثلاً) فتكون إحدى المجموعتين بجهد موجب والأخرى بجهد سالب ،وهذه هي ميزة الربط على التوازي .

س/ ما هي أهم استعمالات المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح المتحركة ؟

ج/ تستعمل في الغالب في دوائر التنغيم في الراديو واللاسلكي .

C) المتسعة الإلكتروليتية : تتألف من صفيحتين احداهما من الالمنيوم والاخرى عجينه ألكتروليتية .

س/ ما هي مميزات المتسعة الإلكتروليتية ؟

ج / 1) لها القابلية على تحمل فرق جهد عالي . 2) توضع علامة على طرفيها للدلالة على قطبيتها لغرض ربطها في الدائرة بصورة صحيحة .

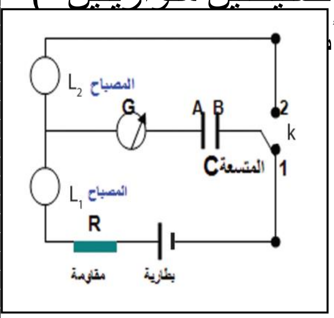
دائرة تيار مستمر تتألف من مقاومة ومتسعة (RC)

س/ ما لمقصود بدائرة المتسعة والمقاومة (RC- circuit) ؟

ج/ هي دائرة تيار مستمر تحتوي مقاومة ومتسعة على التوالي   ويكون تيارها متغير مع الزمن .

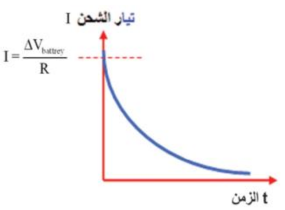
س/ أشرح نشاط موضحا فيه كيفية شحن المتسعة ؟

ج/ الادوات : بطارية ، كلفانوميتر G صفره في منتصف تدريجه ، متسعة C ذات صفيحتين متوازيتين (A , B) ، مفتاح مزدوج K ، مقاومة ثابتة R مصباحان متماثلان (L_1 , L_2) ، أ



الخطوات : نربط دائرة كهربائية كما في الشكل بحيث نجعل المفتاح K في الموضع رقم 1 أي ربط صفيحتي المتسعة بين قطبي البطارية لغرض شحنها .

نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانوميتر G لحظيا على أحد جانبي الصفر (اليمين مثلا) وعودته مرة أخرى الى الصفر وكذلك توهج المصباح L_1 بضوء ساطع لبرهة ثم ينطفئ . وكأن البطارية غير موجودة

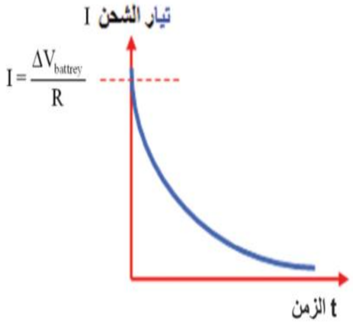


الاستنتاج : بعد اكتمال شحن المتسعة يتساوى فرق جهد المتسعة مع فرق جهد البطارية وانعدام فرق الجهد على طرفي المقاومة مما يجعل التيار في

الدائرة يساوي صفرا أي أن المتسعة تعمل عمل مفتاح مفتوح في دوائر التيار المستمر .

س(10)a- / تعد المتسعة مفتاح مفتوح في دوائر التيار المستمر ؟

ج/ لأن المتسعة عندما تُشحن بكامل شحنتها يكون جهد كل صفيحة منها مساوياً لجهد القطب المتصل بالبطارية وهذا يعني أن فرق جهد البطارية يساوي فرق جهد المتسعة ΔV ، وهذا يجعل فرق الجهد بين طرفي المقاومة في الدائرة يساوي صفراً ، وعندئذ يكون التيار في الدائرة يساوي صفراً

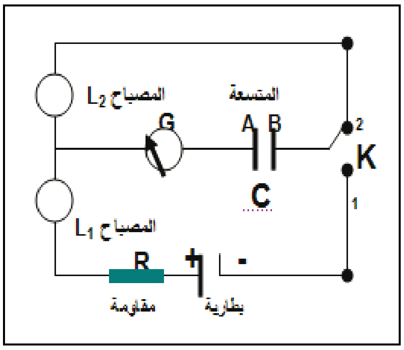


ملاحظة / يحسب تيار الشحن للمتسعة من العلاقة: $I = \frac{\Delta V\ battery}{R}$

س/ أرسم علاقة بيانية بين تيار شحن المتسعة مع الزمن ؟

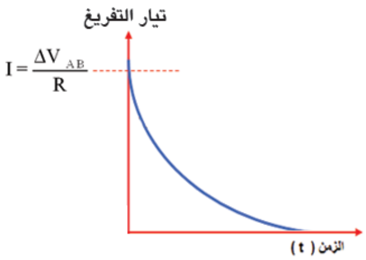
س/أشرح نشاط توضح فيه كيفية تفريغ المتسعة ؟

ج/ الادوات : بطارية ، كلفانوميتر G صفره في منتصف تدريجه ، متسعة C ذات صفيحتين متوازيتين (A , B) ، مفتاح مزدوج K ، مقاومة ثابتة R مصباحان متماثلان (L_1 , L_2) ، أسلاك توصيل .



الخطوات : نربط دائرة كهربائية كما في الشكل بحيث نجعل المفتاح K في الموضع رقم 2 أي ربط صفيحتي المتسعة مع بعضهما نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانوميتر G لحظيا على أحد جانبي الصفر (اليسار مثلا) وعودته مرة أخرى الى الصفر وكذلك توهج المصباح L_2 بضوء ساطع لبرهة ثم ينطفئ .

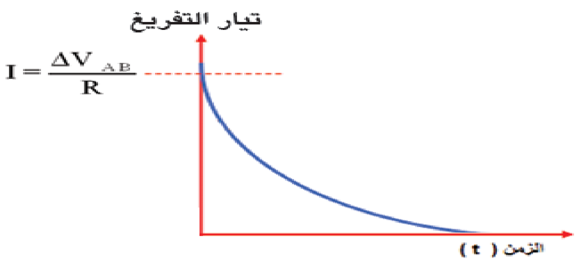
الاستنتاج : ان تيارا لحظيا قد انساب في الدائرة يسمى تيار التفريغ ، يتلاشى بسرعة الى الصفر عند عدم توافر فرق جهد بين صفيحتي المتسعة أي ($\Delta V_{AB} = 0$) .



ملاحظة / يمكن حساب تيار تفريغ المتسعة من العلاقة : $I = \frac{\Delta V}{R}$

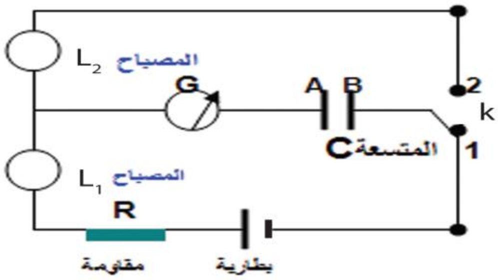
ملاحظة/ في حالة وجود دائرة كهربائية مغلقة (بشرط أن لا تحتوي متسعة مربوطة على التوالي)
نطبق قانون الدائرة المغلقة $I = \frac{\Delta V}{R_{eq}}$

س/ وضح العلاقة البيانية بين تيار التفريغ والزمن اللازم لتفريغها :

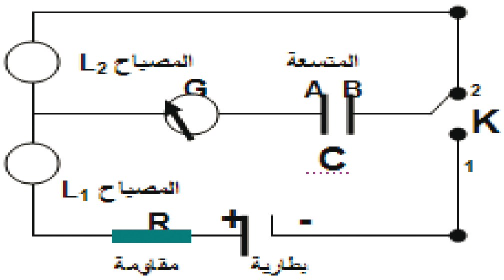


س5/ إرسم مخططاً لدائرة كهربائية مع التأشير على أجزائها توضح فيها :

a- عملية شحن المتسعة   b- عملية تفريغ المتسعة



عملية شحن المتسعة

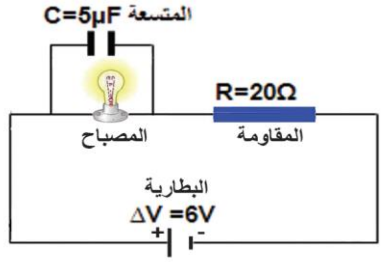


عملية تفريغ المتسعة

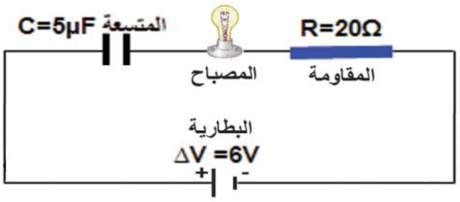
مثال8/ دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي مصباح كهربائي مقاومته$(r=10\Omega)$ ومقاومة مقدارها $(R=20\Omega)$ وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها $\Delta V = 6V$ ربطت في الدائرة ذات صفيحتين متوازيتين سعتها $C= 5\mu F$. ما مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها والطاقة الكهربائية المختزنة في مجالها الكهربائي لو ربطت المتسعة :

1- على التوازي مع المصباح لاحظ الشكل الاول .

2- على التوالي مع المصباح لاحظ الشكل الثاني .



شكل رقم ١



شكل رقم ٢

الجواب //

1- من الشكل الاول نجد تيار الدائرة باستعمال العلاقة :

$$I = \frac{\Delta V}{R_{eq}} = \frac{\Delta V}{r+R} = \frac{6}{10+20} = \frac{6}{30} = \frac{2}{10} = 0.2\ A$$

ثم نجد فرق الجهد بين طرفي المصباح من العلاقة :

لان المتسعة مربوطة على التوازي مع المصباح $\Delta V_r = I \cdot r = 0.2 \times 10 = 2V = \Delta V_c$

ومن ثم نحسب الشحنة على طرفي المتسعة باستخدام العلاقة :

$$Q_c = C_c \cdot \Delta V_c = 5 \times 2 = 10\ \mu F$$

ولحساب الطاقة الكهربائية لدينا العلاقة :

$$P.E = \frac{1}{2} Q_c \cdot \Delta V_c = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-6} \times 2 = 10^{-5}\ Joule$$

2- من الشكل رقم 2 نجد أن الدائرة هي دائرة مقاومة ومتسعة على التوالي فيكون التيار في الدائرة $I = 0$ بعد اكتمال الشحن ويصبح فرق جهد المتسعة مساوي لفرق جهد المصدر :

$$\Delta V_c = \Delta V_{battery} = 6V$$

وكذلك فان الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها :

$$Q_c = C_c \cdot \Delta V_c = 5 \times 6 = 30\ \mu Coul$$

و الطاقة المختزنة :

$$P.E = \frac{1}{2} Q_c \,.\, \Delta V_c = \frac{1}{2} \times 30 \times 10^{-6} \times 6 = 9 \times 10^{-5} \text{ Joule}$$

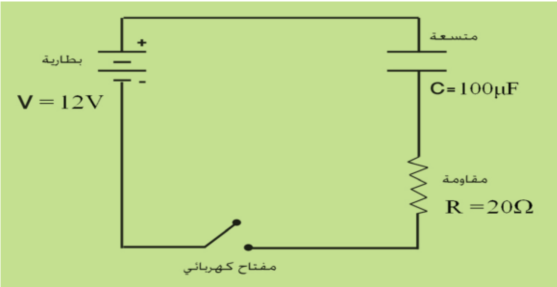
س 1/ من المعلومات الموضحة في الشكل احسب :

a- المقدار الاعظم لتيار الشحن لحظة اغلاق المفتاح .

b- فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد مدة من اغلاق المفتاح (بعد اكتمال عملية الشحن) .

c-الشحنة المختزنة فب أي من صفيحتي المتسعة .

d- الطاقة المختزنة في مجالها الكهربائي .



الجواب //

a- يمكن حساب تيار الشحن باستخدام العلاقة :

$$I = \frac{\Delta V \text{ battery}}{R} = \frac{12}{20} = \frac{6}{10} = 0.6\, A$$

b- التيار في الدائرة $I = 0$ بعد اكتمال الشحن ويصبح فرق جهد المتسعة مساوي لفرق جهد المصدر :

$$\Delta V_c = \Delta V_{battery} = 12V$$

c- ومن ثم نحسب الشحنة على طرفي المتسعة باستخدام العلاقة :

$$Q_c = C_c \,.\, \Delta V_c = 100 \times 12 = 1200 \ \mu\text{Coul}$$

d- و الطاقة المختزنة :

$$P.E = \frac{1}{2} Q_c \,.\, \Delta V_c = \frac{1}{2} \times 1200 \times 10^{-6} \times 12 = 7200 \times 10^{-6} \text{ Joule}$$

مثال (واجب) / دائرة تيار مستمر تحتوي مقاومة $R = 50\Omega$ و متسعة ذات صفيحتين متوازيتين وبطارية فرق جهدها $5V$ فاختزنت المتسعة طاقة كهربائية في مجالها الكهربائي مقدارها 1000×10^{-6} J احسب مقدار :1- أعظم مقدار لتيار الشحن . 2- الشحنة الكهربائية المختزنة في أي من صفيحتيها . 3- سعة المتسعة .

س9a- اذكر ثلاث من التطبيقات العملية للمتسعة ووضح الفائدة العملية من استعمال تلك المتسعة في كل تطبيق ؟

ج/ 1) المتسعة الموضوعة في آلة التصوير : تعمل على تفريغ شحنتها بصورة مفاجئة في المصباح (الفلاش) لتجهيزه بالطاقة الكافية لتوهجه بعد شحن البطارية من قبل المصدر .

2) المتسعة الموجودة في لاقطة الصوت : تعمل على تحويل الذبذبات الصوتية إلى إشارات كهربائية عن طريق تغير سعتها نتيجة تغير البعد بين الصفيحتين .

3) المتسعة الموجودة في جهاز تنظيم حركة عضلات القلب : تعمل على إفراغ طاقتها الهائلة التي تتراوح بين (10J – 360 J) في جسم المريض بفترة زمنية قصير عندما يكون القلب غير قادر على ضخ الدم الى الجسم من أجل تحفيزه وانتظام عمل عضلاته بواسطة جهاز علاجي يعمل على تجهيز قلب المريض بصدمة كهربائية ذات طاقة عالية خلال القطب الذي يوضع على صدر المريض حيث تعتمد كمية الطاقة المجهزة على مفتاح الطاقة الموجود على واجهة الجهاز

س9(d) ما لعامل الذي يتغير في المتسعة الموضوعة في لوحة مفاتيح الحاسوب أثناء استعمالها ؟

ج/ يتغير البعد بين الصفيحتين (عند الضغط على المفتاح يقل البعد) ، فتزداد بذلك سعة المتسعة وبتغير سعة المتسعة الموجودة تحت المفتاح يتم التعرف على الحرف المطلوب .

س/ أين تبرز الفائدة العملية من استخدام المتسعة في عدة مجالات عملية ؟

ج/ تبرز الفائدة في مقدرتها على اختزان كميات كبيرة من الشحنات الكهربائية وإفراغ هذه الطاقة بسرعة كبيرة جدا و بكميات هائلة عند الحاجة إليها .

س9(e)/ ما مصدر الطاقة الكهربائية المجهزة للجهاز الطبي (The Defibrillator) المستعمل لتوليد الصدمة الكهربائية لغرض تحفيز وإعادة إنتظام عمل قلب المريض ؟

ج/ الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الموجودة في الجهاز .

أسئلة الفصل الأول

س1/ أختر الاجابة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1- متسعة ذات صفيحتين متوازيتين مشحونة ومفصولة عن المصدر ، الهواء يملأ الحيز بين صفيحتيها ، أدخلت مادة عازلة ثابت عزلها (K = 2) ملأت الحيز بين صفيحتيها . فإن مقدار المجال الكهربائي E_k بين صفيحتيها بوجود المادة العازلة مقارنة مع مقداره E في حالة الهواء يصير :

(a) E/4 (b) 2E (c) E (d) E /2

الجواب / d

التوضيح : $E_k = E / k = E /2$.

2- وحدة (Farad) تستعمل لقياس سعة المتسعة وهي لا تكافئ احدى الوحدات الآتية :

J/V^2 (d) Coulomb ×V (c) Coulomb/V (b) $Coulomb^2/J$ (a)

الجواب / c

3- متسعة ذات صفيحتين متوازيتين سعتها C قربت صفيحتيها من بعضهما حتى صار البعد بينهما (1/3)ما كان عليه ، فان مقدار سعتها الجديدة يساوي :

9C (d) 3C (c) $\frac{1}{9}$C (b) $\frac{1}{3}$C (a)

الجواب / c

التوضيح : على وفق المعادلة : $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$ فان : $C \propto \frac{1}{d}$ حيث : $\frac{C_1}{C_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{\frac{1}{3}d_1}{d_1} = \frac{1}{3}$

فان : $C_2 = 3C_1$

4-متسعة مقدارها (20μF) لكي تختزن طاقة في مجالها الكهربائي مقدارها(2.5J) يتطلب ربطها بمصدر فرق جهدها .

250KV (d) 500V(c) 350V (b) 150V(a)

الجواب/ c

التوضيح :

$$P.E_{electric} = \frac{1}{2} C\,\Delta V^2$$

$$2.5 = \frac{1}{2} \times 20 \times 10^{-6} \times \Delta V^2$$

$$\Delta V^2 = 2.5 \times 10^5 = 25 \times 10^4$$

$$\Delta V = 500 \text{ V}$$

5- متسعة ذات صفيحتين متوازيتين سعتها 50μF ، الهواء عازل بين صفيحتيها ، اذا أدخلت مادة عازلة بين صفيحتيها ازدادت سعتها بمقدار (60μF) ، فان ثابت عزل تلك المادة يساوي :

2.2 (d) 1.1 (c) 0.55 (b) 0.45 (a)

الجواب : d

التوضيح : على وفق العلاقة :

$$C_k = KC$$

$$C_k = C + 60 = 50 + 60 = 110\mu F$$

$$K = \frac{C_k}{C} = \frac{110}{50} = 2.2$$

مسائل إثرائية

1) ربطت المتسعتان (12μF , 28μF) على التوازي وربط الجميع إلى فولطية مستمرة 30V أحسب شحنة كل متسعة والشحنة الكلية .

a) إذا أبدل الهواء بين لوحي المتسعة الأولى بعازل أصبحت الشحنة الكلية للمجموعة 3000μc جد ثابت العزل . (360μc ,840μc , 1200μc , 6)

2) المتسعتان (2μF , 4μF) مربوطتان على التوازي ثم ربطت معهما المتسعة 3μF على التوالي وشحنت المجموعة من مصدر مستمر جعل شحنة المجموعة الكلية 300μc . أحسب :

a) فرق جهد المصدر الشاحن . b) شحنة كل متسعة . c) فرق جهد كل متسعة .

(a. 150v ,b.(100,200,300)μc , c. (100,50,50) v)

3) ربطت المتسعتان (2μF , 8μF) على التوازي وشحنت المجموعة بشحنة مقدارها 1000 μc :

a) ما مقدار شحنة كل متسعة . b) إذا فصلت المجموعة عن المصدر و أستبدل الهواء بين لوحي المتسعة الأولى بمادة عازلة ثابت عزلها (6) فكم تصبح شحنة كل متسعة وفرق جهدها

[a) 200 μc , 800 μc b) 600 μc , 400μc]

4) ثلاث متسعات μF (5 , 7 , 6) حسب الترتيب ربطت الأولى و الثانية على التوازي وربطت الثالثة معهما على التوالي ووصلت المجموعة عبر قطبي مصدر مستمر فرق جهده (60 V) ما شحنة كل متسعة وفرق جهدها ؟ وما الطاقة المخزونة في كل متسعة وفي مجموعة المتسعات ؟

{ 240 μC , 100 μC , 140μC ,40V ,20 V , (4800 , 1400 , 1000 , 7200) x 10^{-6} J }

5) إذا كانت المساحة المتقابلة بين صفيحتي متسعة متوازية اللوحين هي $20\ cm^2$ والمسافة الفاصلة بين اللوحين 0.4 mm ووصل لوحيها إلى بطارية قوتها الدافعة الكهربائية 120 V .

a) ما مقدار الشحنة المختزنة على أي من صفيحتيها .

b) لو أن لوحي المتسعة فصلت عن البطارية ثم غمرت بالماء النقي فأي الكميات (Q , ΔV ,C) سوف يتغير ؟ وما مقدار التغير إذا كان ثابت عزل الماء النقي 81 . (118.52 V , 3544 pF)

6) ربطت المتسعتان (2 μF,1μF) على التوازي وربطت متسعتان متماثلتان سعة كل منهما 30 μF على التوالي مع بعضهما ثم ربطت المجموعتان مع بعضهما على التوالي والكل إلى بطارية فرق الجهد بين قطبيها 10V جد شحنة وفرق جهد كل متسعة .

7) متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية سعتاهما (2μF , 4 μF)حسب الترتيب ربطتا على التوازي الى مصدر مستمر فرق جهده 12V ، فلو ادخل عازل ثابت عزله K بين صفيحتي المتسعة الاولى و المجموعه لازالت تتصل بالمصدر لمرَ تيار كهربائي لحظي في المجموعه مقداره 18A خلال زمن قدره 8μs جد قيمة K . (7)

8) شحنت متسعه ذات صفيحتين متوازيتين بشحنه كهربائية مقدارها 40µ coul ثم فصلت عن المصدر وربطت على التوازي الى متسعه غير مشحونة سعتها 2µF ثم أدخل عازل كهربائي ثابت عزله 2 بين صفيحتي المتسعة الاولى فأصبح فرق الجهد الكهربائي على طرفي المجموعه 5V بعد إدخال العازل جد : 1) سعة المتسعة الاولى .

2) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعه قبل وبعد ادخال العازل .

3) الطاقة المختزنة في المجموعه قبل وبعد ادخال العازل .

(3µF ,96 x 10-6 J ,64x10-6 J ,75x10-6 J ,25x10-6 J , 160x10-6 J , 100x10-6J)

9) متسعتان من ذوات الصفائح المتوازية سعاتها حسب الترتيب(6 µF ,12 µF) مربوطتان على التوالي الى مصدر كهربائي فرق جهده 12V جد : 1) فرق الجهد على طرفي كل متسعه. 2) إذا أدخل عازل كهربائي بين صفيحتي المتسعة الثانية والمجموعة لازالت تتصل بالمصدر اصبحت الشحنة المختزنة في المتسعة الثانية 57.6 µ coul جد ثابت العزل . (8V ,4V, 2)

10) ربطت المتسعتان (5 µF,15 µF) على التوازي الى مصدر فرق جهده الكهربائي 24V جد : 1) الشحنه المختزنة على اي من صفيحتي كل متسعه . 2) لو وضع عازل ثابت عزله K بين صفيحتي المتسعة الاولى والمجموعة لاتزال تتصل بالمصدر لأصبحت الشحنه المختزنة في المتسعة الاولى 240 µCoul جد قيمة ثابت العزل. (120 µcoul , 360 µ coul , 2)

11) ثلاث متسعات متساوية سعة كل منها C ربطت ربطا مختلطا بحيث أن أثنان منهما ربطتا على التوالي والثالثة ربطت مع مجموعتهما على التوازي ثم ربطت المجموعة الى طرفي بطارية فرق جهدها 50V ثم أدخل عازل كهربائي ثابت عزله 3 بين صفيحتي المتسعة ألأولى من مجموعة التوالي مع بقاء اتصال المجموعة بالمصدر فازدادت الشحنة المختزنة في المجموعة بمقدار 50µ Coul جد سعة كل متسعة قبل وضع العازل وسعة المتسعة ألأولى بعد وضع العازل ، والشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة بعد إدخال العازل .



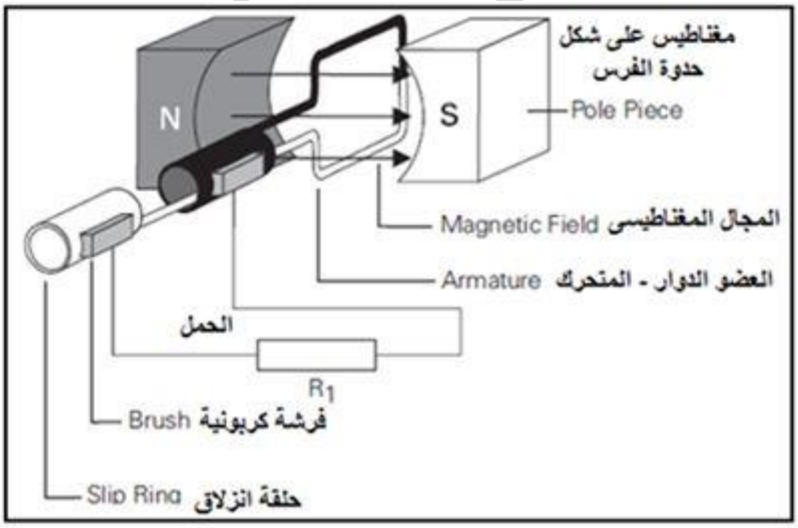
الفصل الثاني

الحث الكهرومغناطيسي

اعداد وترتيب

بهاء الفتلاوي

اعدادية العزة للبنين

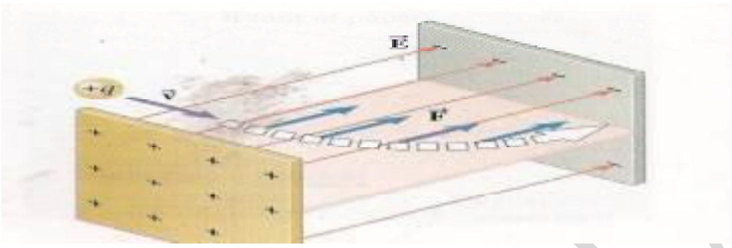




الفصل الثاني
الحث الكهرومغناطيسي

س/ ماذا يحدث عند وضع جسيم مشحون بشحنة موجبة (+q) داخل مجال كهربائي ($\vec{E}$) ؟

ج/ يتأثر بقوة كهربائية ($\vec{F}_E$) باتجاه موازٍ لاتجاه خطوط المجال الكهربائي . [$\vec{F}_E = q\,\vec{E}$] .

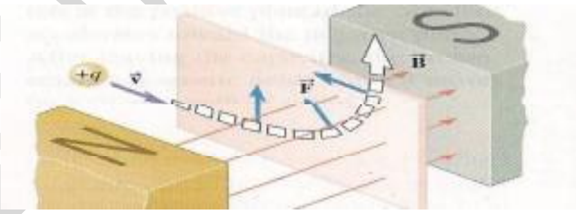


س/ ماذا يحدث لو تحرك جسيم مشحون بشحنة موجبة (+q) بسرعة ($\vec{v}$)باتجاه عمودي على خطوط مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $\vec{B}$ ؟

ج/ يتحرك بمسار دائري تحت تأثير قوة مغناطيسية ($\vec{F}_B$)عمودية على المستوي الذي يحتوي $\vec{v}\,,\vec{B}$ حيث تعمل قوة مركزية . $\vec{F}_B = q(\vec{v} \times \vec{B})$

$F_B = q\,v\,B\sin\theta$

$\theta =$ الزاوية المحصورة بين $\vec{B}$ و $\vec{v}$



س/ ماذا يحدث عند حركة الشحنات الكهربائية في الفراغ ؟

ج/ تتولد حولها مجالات مغناطيسية .

س/ وضح قاعدة الكف اليمنى لتحديد اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم موجب الشحنة يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم ؟

ج/ اتجاه لف الأصابع يكون من اتجاه $\vec{v}$ إلى $\vec{B}$ والإبهام يشير إلى اتجاه القوة المغناطيسية $\vec{F_B}$.



(a) للشحنة الموجبة (b) للشحنة السالبة

ملاحظة

يكون اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم سالب الشحنة بعكس اتجاه القوة المؤثرة في الجسيم الموجب الشحنة .

س/ متى تصبح القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم موجب الشحنة يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم : a . أكبر ما يمكن b . نصف قيمتها العظمى c . صفراً .

ج/ a- عندما يتحرك بصورة عمودية على المجال المغناطيسي ($\theta = 90^o$)

$F_{B\ max} = q\ v\ B \sin 90^o = q\ v\ B$

b- عندما يتحرك الجسيم بزاوية 30^o مع اتجاه الفيض المغناطيسي ($\theta = 30^o$)

$F_B = q\ v\ B \sin 30^o = q\ v\ B\ (1/2) = 1/2\ [\ q\ v\ B\ ] = 1/2\ F_{B\ max}$

c- عندما يتحرك الجسيم بصورة موازية لاتجاه الفيض المغناطيسي ($\theta = 0$)

$F_B = q\ v\ B \sin 0 = q\ v\ B\ (0) = 0$

س/ على ماذا يعتمد مقدار القوة المغناطيسية المؤثرة في جسيم يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم ؟

ج/ من العلاقة : [$F_B = q\ v\ B \sin\theta$] فإنها تعتمد على :

1- مقدار شحنة الجسيم q . 2- مقدار سرعته v . 3- كثافة الفيض المغناطيسي B

4- الزاوية المحصورة بين $\vec{v}$ و $\vec{B}$.

س/ على ماذا تعتمد القوة الكهربائية $\vec{F}_E$ المؤثرة في جسيم موضوع داخل مجال كهربائي منتظم ؟

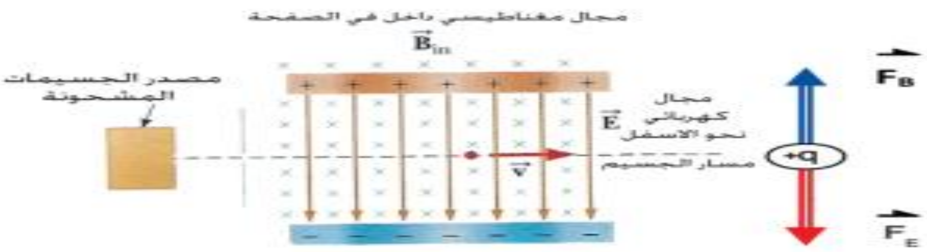
ج/ من العلاقة [$\vec{F}_E = q\ \vec{E}$] فإنها تعتمد على :

1- مقدار شحنة الجسم q 2- شدة المجال الكهربائي E .

س/ ما لمقصود بقوة لورنز ؟ و فيم تستثمر ؟

ج/ **هي محصلة كل من القوتين الكهربائية والمغناطيسية المؤثرتين في شحنة متحركة خلال مجالين كهربائي ومغناطيسي منتظمين في آن واحد . وتستثمر في بعض التطبيقات العملية مثل أنبوبة الأشعة الكاثودية .**

$\vec{F}_{Lorentz} = \vec{F}_E + \vec{F}_B$



الخلاصة : إذا تحرك جسيم موجب الشحنة عمودياً على :

1- فيض كهربائي منتظم فسيتأثر بقوة كهربائية باتجاه موازٍ للمجال الكهربائي [$\vec{F}_E = q\ \vec{E}$]

2- فيض مغناطيسي منتظم فسيتأثر بقوة مغناطيسية عمودية على الفيض المغناطيسي:

$F_B = q\ v\ B\ \sin\theta$

3- فيضين مغناطيسي وكهربائي منتظمين في آن واحد متعامدان مع بعضهما فسيتأثر بمحصلة القوتين الكهربائية والمغناطيسية والتي تدعى قوة لورنز $\vec{F}_{Lorentz} = \vec{F}_E + \vec{F}_B$.

الحث الكهرومغناطيسي

اكتشاف أورستد : **التيار المار في موصل يولد حوله مجالاً مغناطيسياً بشكل دوائر مغلقة يخضع لقاعدة الكف اليمنى .**

قاعدة الكف اليمنى : **الإبهام باتجاه التيار ولف الأصابع يشير إلى اتجاه المجال المغناطيسي .**

ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي : **هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية محتثة (emf) على طرفي موصل بسبب حصول تغير في الفيض المغناطيسي $\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$.**

مبدأ فرداي : **يتولد تيار محتث I_{ind} في دائرة كهربائية مغلقة فقط عندما يحدث تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن ($\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$) .**

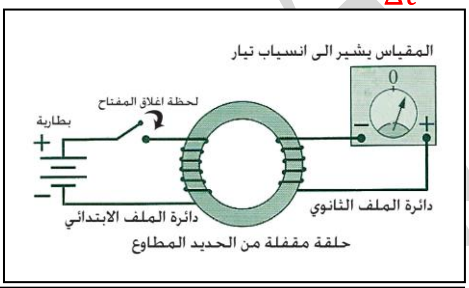
ملاحظة **إن إدخال قلب من الحديد المطاوع في جوف الملف يؤدي إلى زيادة النفوذية المغناطيسية لمادة قلب الملف وزيادة كثافة الفيض المغناطيسي .**

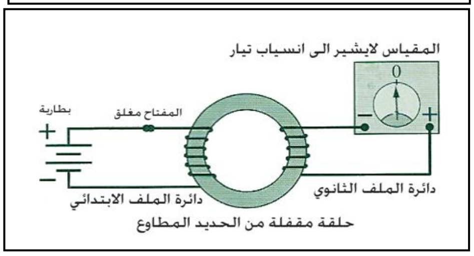
اكتشاف فرداي

يتولد تيار محتث في دائرة كهربائية مقفلة(مثل ملف سلكي أو حلقة موصلة)،فقط عندما يحصل تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن .

س/ ما هو العامل الأساس في توليد التيار المحتث في الدائرة الكهربائية؟

ج/ حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف لوحدة الزمن $\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$.



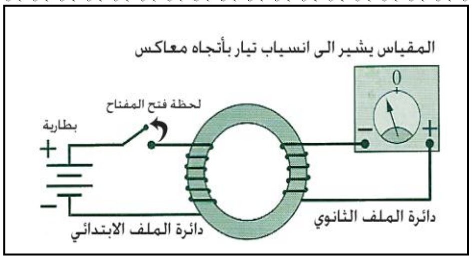


س/ أشرح تجربة فرداي لتوضيح ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي ؟

الجواب :

الادوات : ملفين سلكيين ، حلقة مقفلة من الحديد المطاوع ، بطارية ، مفتاح كهربائي ، جهاز لقياس التيارات الصغيرة المقدار صفره في وسط التدريج

الخطوات :
- نربط الدائرة كما في الشكل المجاور
- نغلق المفتاح المربوط مع الملف الابتدائي نلاحظ انحراف مؤشر المقياس المربوط مع الملف الثانوي على أحد جانبي التدريجة لحظة اغلاق المفتاح الكهربائي وعودته الى الصفر مرة أخرى .
- نفتح المفتاح المربوط في دائرة الملف الابتدائي نلاحظ انحراف مؤشر المقياس مرة أخرى ولكن الى الجانب



الآخر لحظة فتح المفتاح ثم عودته الى الصفر مرة أخرى .مما يدل على انسياب تيار كهربائي في الملف الثانوي بالرغم من عدم توافر بطارية في دائرة الملف الثانوي أما عودته الى الصفر مرة أخرى فبسبب ثبوت تيار الملف الابتدائي وعدم حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن $\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$.

الاستنتاج : يتولد تيار محتث في دائرة كهربائية مغلقة (ملف سلكي أو حلقة موصلة) فقط عندما يحدث تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن $\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$.

س/ ما سبب فشل جميع المحاولات التي سبقت فرداي في توليد تيار كهربائي بواسطة مجال مغناطيسي

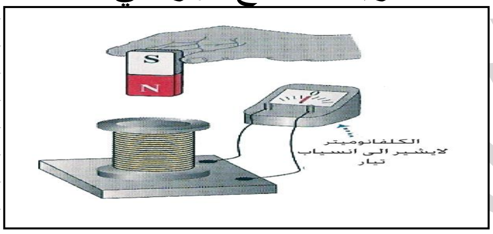
ج/ لأنها اعتمدت جميعاً على المجالات المغناطيسية الثابتة وأهملت التغير في الفيض المغناطيسي .

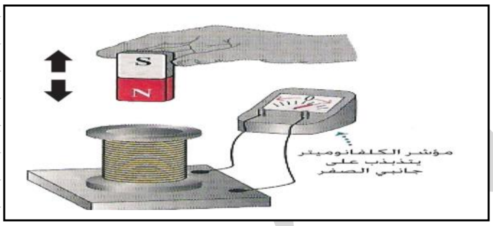
س / أشرح نشاط لتوضيح ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي (تجارب الحث الكهرومغناطيسي) ؟

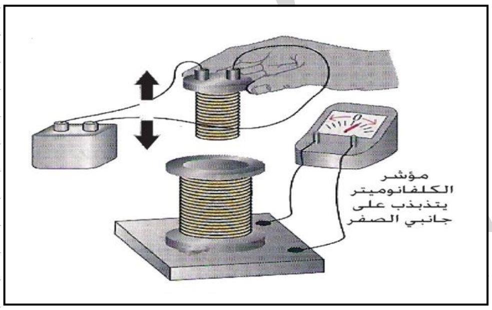
الجواب :

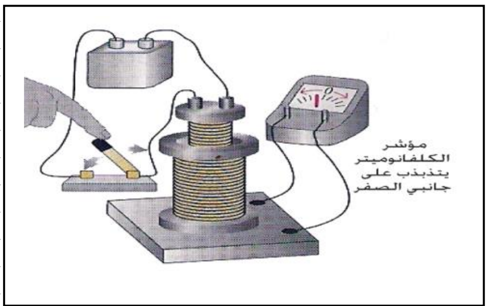
الادوات : ملفان سلكيان مختلفان في أقطارهما (يمكن ادخال أحدهما في جوف الآخر) ، كلفانوميتر صفره في وسط تدريجه، ساق مغناطيسية ، اسلاك توصيل ، بطارية ، مفتاح كهربائي

الخطوات :









أولاً : ● نربط طرفي أحد الملفين بوساطة أسلاك التوصيل الى طرفي الكلفانوميتر .

● نجعل الساق المغناطيسية بحيث قطبها الشمالي مواجها للملف وفي حالة سكون نسبة للملف ، نجد عدم انحراف مؤشر الكلفانوميتر و لا يشير الى انسياب تيار كهربائي في دائرة الملف .

● ندفع الساق المغناطيسية نحو وجه الملف ثم نبعدها عنه ، نجد أن مؤشر الكلفانوميتر يتذبذب على جانبي الصفر باتجاهين متعاكسين مشيرا الى انسياب تيار كهربائي في الحالتين .

ثانياً: ●نربط طرفي ملف آخر (ويسمى بالملف الابتدائي) بين قطبي البطارية بوساطة ألاك التوصيل للحصول على مغناطيس كهربائي .

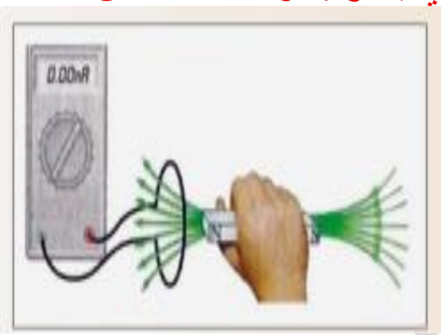
● نحرك الملف الابتدائي أمام وجه الملف الثانوي (المتصل بالكلفانوميتر) بتقريبه مرة وابعاده مرة أخرى وبموازاة محوره. نجد أن مؤشر الكلفانوميتر يتذبذب على جانبي الصفر باتجاهين متعاكسين مشيرا الى انسياب تيار كهربائي في الحالتين مشيرا الى انسياب تيار كهربائي محتث في دائرة الملف الثانوي وعودته الى الصفر عند عدم توفر تغير في الفيض المغناطيسي (انعدام الحركة النسبية) .

ثالثا : ● نربط مفتاح كهربائي في دائرة الملف الابتدائي ونجعله مفتوحا .
● ندخل الملف الابتدائي في جوف الملف الثانوي ونحافظ على ثبوت أحد الملفين نسبة للآخر .
● نغلق ونفتح المفتاح في دائرة الملف الابتدائي ، نجد أن مؤشر الكلفانوميتر يتذبذب بانحرافه على جانبي الصفر باتجاهين متعاكسين فقط في حالة أغلاق وفتح دائرة الملف الابتدائي على التعاقب مشيرا الى انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي خلال تلك اللحظتين .

الاستنتاج :

1- تستحث قوة دافعة كهربائية ε_{ind} وينساب تيار محتث I_{ind} في الدائرة المغلقة فقط عند حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف لوحدة الزمن $\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$.

2- تكون قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ε_{ind} واتجاه التيار المحتث I_{ind} في الدائرة الكهربائية باتجاه معين عند تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترقها وباتجاه معاكس عند تناقص هذا الفيض .



س7/ افترض أن الملف والمغناطيس الموضح في الشكل الآتي : كل منهما يتحرك بالسرعة نفسها نسبة للأرض هل إن الملي أميتر الرقمي أو الكلفانوميتر المربوط مع الملف يشير إلى مرور تيار في الدائرة ؟ وضح ذلك؟

ج/ كلا ، لعدم وجود حركة نسبية بين الملف والمغناطيس والمسؤولة عن تغير في الفيض المغناطيسي بثبوت كثافة الفيض المغناطيسي ومساحة اللفة الواحدة .

القوة الدافعة الكهربائية الحركية (ε motional)

هي القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي ساق موصلة تتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم .

$$\varepsilon_{motional} = \upsilon B \ell$$

υ = سرعة حركة الموصل   B = كثافة الفيض المغناطيسي ℓ = طول الموصل

س/ علام يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الحركية ؟

ج/ 1) سرعة حركة الموصل (υ) 2) كثافة الفيض المغناطيسي (B)   3) طول الموصل (ℓ)

س/ أثبت أن : $\varepsilon_{motional} = \upsilon B \ell$ ؟

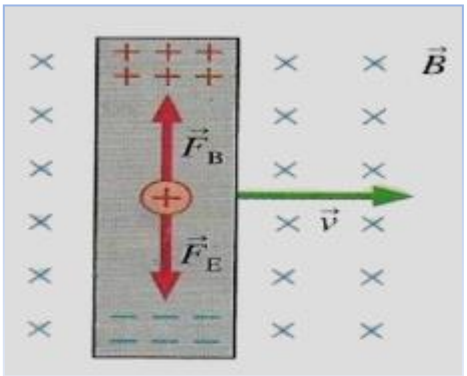
ج/ عند حركة الموصل داخل المجال المغناطيسي فان الشحنات الحرة داخل الموصل تتأثر بقوة مغناطيسية $\vec{F}_B$ تعمل على *فصل الشحنات الموجبة عن السالبة* :

$F_B = q\,\upsilon\,B \sin\theta$ $(\theta = 90^o)$

$F_B = q\,\upsilon\,B$

ويتولد مجال كهربائي نتيجة تجمع الشحنات السالبة في طرف والشحنات الموجبة في طرف آخر فتنشأ قوة كهربائية باتجاه المجال الكهربائي تعادل القوة المغناطيسية وتعاكسها بالاتجاه :

$F_E = q\,E$



$F_E = F_B$

$\not{q}E = \not{q}\, v\, B$

$E = v\, B$

وبما أن : $E = \frac{\Delta V}{l}$

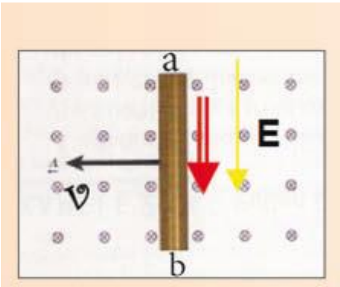
$\Delta V = E\,\ell = (v\, B)\,\ell$

إذن : $\varepsilon_{motional} = \Delta V = v\, B\, \ell$

س/ فكر/ لو انعكس اتجاه حركة الساق أو انعكس اتجاه المجال المغناطيسي، .هل تنعكس قطبية القوة الدافعة الكهربائية الحركية $\varepsilon_{motional}$

ج/ نعم لأن اتجاه القوة المغناطيسية المؤثرة في الشحنات الحرة في الساق سينعكس وبالتالي تنعكس قطبية $\varepsilon_{motional}$

س7/ في الشكل المجاور حدد اتجاه التيار واذكر اسم القاعدة المستخدمة ؟



ج/

التيار المحتث (I_{ind})

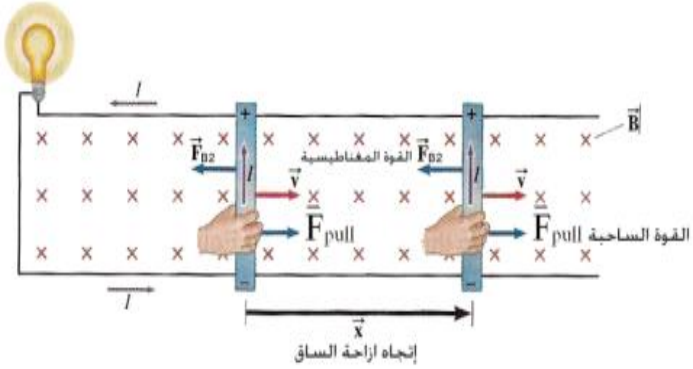
$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motional}}{R} = \frac{v\, B\, \ell}{R}$$

R= المقاومة الكهربائية الخارجية

س / أثبت أنه عند دفع ساق موصل يمر فيه تيار عموديا على فيض مغناطيسي منتظم و بسرعة منتظمة فإن :

$$F_{pull} = \frac{v\, B^2\, \ell^2}{R}$$

ج/ يتأثر الموصل الذي يمر فيه تيار I ويتحرك بسرعة v داخل مجال مغناطيسي منتظم بقوة مغناطيسية هي :



$$F_{B2} = I\ \ell\ B$$

$$F_{pull} = F_{B2} = I\ \ell\ B$$

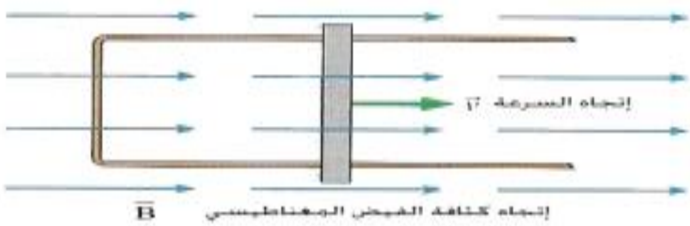
$$I = \frac{v\,B\,\ell}{R}$$

$$F_{pull} = \left\{ \frac{v\,B\,\ell}{R} \right\} \ell\ B$$

$$F_{pull} = \frac{v\,B^2\,\ell^2}{R}$$

س/ هل ينساب تيار محتث في الدائرة الموضحة في الشكل المجاور؟ إذا كان جوابك نعم، عين اتجاه التيار المحتث فيها ؟

ج/ كلا لا يتولد تيار محتث ولا $\varepsilon_{motional}$ لان متجه السرعة $\vec{v}$ يكون موازٍ لمتجه كثافة الفيض المغناطيسي و عدم وجود قوة مغناطيسية تعمل على فصل الشحنات الموجبة عن السالبة لأن : $\theta = 0$ ، $\sin 0 = 0$ ، $F_{B2} = 0$.



الحث الكهرومغناطيسي

س/ أثبت أن مبدأ الحث الكهرومغناطيسي يخضع لقانون حفظ الطاقة ؟
أو اثبت أن المعدل الزمني للشغل المنجز لتحريك ساق موصل يمر فيه تيار كهربائي داخل مجال مغناطيسي منتظم يساوي المعدل الزمني للطاقة المتبددة (القدرة الضائعة) في الحمل ؟

ج/

$$P = F_{pull}\ .\ v = \frac{v\,B^2\,\ell^2}{R}\ .\ v = \frac{v^2\,B^2\,\ell^2}{R} \quad \ldots\ldots(1)$$

$$P_{dissipated} = I^2\,R = \frac{v^2\,B^2\,\ell^2}{R^2} \times R = \frac{v^2\,B^2\,\ell^2}{R} \quad \ldots\ldots\ (2)$$

ومن تساوي المعادلتين (1) و(2) نجد أن :

المعدل الزمني للشغل المنجز (P) = المعدل الزمني للطاقة الكهربائية المتبددة ($P_{dissipated}$)

و هذا يعد تطبيقا لقانون حفظ الطاقة .

س/ هل إن الحث الكهرومغناطيسي يخضع لقانون حفظ الطاقة ؟ وضح ذلك ؟

ج/ نعم ، لأن المعدل الزمني للشغل المنجز في تحريك الموصل داخل المجال المغناطيسي المنتظم يساوي القدرة المتبددة في الحمل بشكل حرارة أو أي نوع من القدرة في الحمل . و هذا يعد تطبيقاً لحفظ الطاقة .

ملاحظات حول مسائل الحث الكهرومغناطيسي

1) يجب تحويل السرعة من وحدات Km / h إلى m/s وذلك بضربها ب ($\frac{5}{18}$) .

2) لإيجاد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي موصل يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم فالمقصود بها $\varepsilon_{motional}$ حيث أن :

$$\varepsilon_{motional} = v B \ell$$

3) لإيجاد التيار المحتث المار في موصل يتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم :

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motional}}{R}$$

4) لإيجاد القوة اللازمة لتحريك الموصل داخل المجال المغناطيسي فإن :

$$F_{pull} = \frac{v B^2 \ell^2}{R}$$

5) لإيجاد القدرة المتبددة أو المعدل الزمني للطاقة الضائعة :

$$P_{dissipated} = I_{ind}^2 R$$

or

$$P_{dissipated} = \frac{\varepsilon^2_{motional}}{R}$$

or

$$P_{dissipated} = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R}$$

or

$$P_{dissipated} = I_{ind} \cdot \varepsilon_{motional}$$

مثال1 ص58/ أفرض أن ساق موصلة طولها 1.6m انزلقت على سكة موصلة بانطلاق 5 m/s باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضة 0.8T وكانت مقاومة المصباح المربوط مع السكة على التوالي 128Ω (أهمل المقاومة الكهربائية للساق والسكة) ، وأحسب مقدار :

1- القوة الدافعة الكهربائية الحركية المحتثة .

2- التيار المحتث في الدائرة .

3- القدرة الكهربائية المجهزة للمصباح .

الجواب : 1- لحساب القوة الدافعة الكهربائية الحركية نطبق العلاقة :

$$\varepsilon_{motional} = v B \ell$$

$$\varepsilon_{motional} = 5 \times 0.8 \times 1.6 = 4 \times 1.6 = 6.4 \text{ V}$$

2- لحساب التيار المحتث نستخدم قانون أوم :

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motinal}}{R}$$

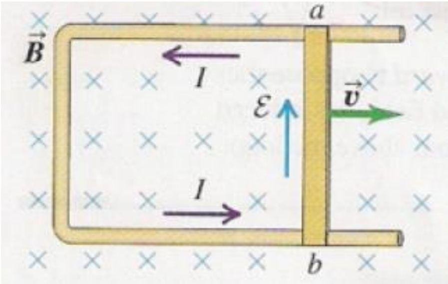
$$I_{ind} = \frac{6.4}{128} = \frac{64 \times 10^{-1}}{128} = 0.5 \times 10^{-1} = 0.05\ A$$

3- لحساب القدرة المستهلكة في المصباح نستخدم العلاقة :

$$P_{dissipated} = I_{ind} \cdot \varepsilon_{motional}$$

$$P_{dissipated} = 0.05 \times 6.4 = 0.320 = 0.32 \text{ watt}$$

س3/ أفرض أن الساق الموضحة في الشكل طولها 0.1m ومقدار السرعة التي يتحرك بها 2.5 m/s والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها 0.03Ω وكثافة الفيض المغناطيسي 0.6T ، احسب مقدار :



1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق .
2- التيار المحتث في الحلقة .
3- القوة الساحبة للساق .
4- القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة .

الجواب //

1- : لحساب القوة الدافعة الكهربائية الحركية:

$\varepsilon_{motional} = v B \ell$

$\varepsilon_{motional} = 2.5 \times 0.6 \times 0.1 = 0.15\ V$

2- لحساب التيار المحتث لدينا العلاقة :

$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{motinal}}{R}$

$I_{ind} = \frac{0.15}{0.03} = \frac{15}{3} = 5\ A$

3- لحساب القوة الساحبة لدينا العلاقة :

$F_{pull} = \frac{v B^2 \ell^2}{R}$

$= \frac{2.5 \times (0.6)^2 \times (0.1)^2}{0.03} = \frac{2.5 \times 0.36 \times 0.01}{0.03} = 2.5 \times 12 \times 0.01 = 0.3\ N$

4- لحساب القدرة المتبددة في الدائرة لدينا العلاقة :

$P_{dissipated} = I_{ind} \cdot \varepsilon_{motional}$

$= 5 \times 0.15 = 0.75$ watt

مثال (واجب) / ساق موصله تتحرك بصورة عمودية على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.5 $\frac{wb}{m^2}$ وبسرعة مقدارها $10\ \frac{m}{s}$ ليولد قوة دافعة كهربائية محتثة حركية على طرفي الساق مقدارها 6V فاذا كان طرفا الساق يتصلان بمصباح كهربائي مقاومته 0.05 Ω جد :
1- القوة الساحبة للساق . 2- القدرة المتبددة في المصباح .

الجواب //

الفيض المغناطيسي (ϕ_B)

هو عدد خطوط القوة المغناطيسية المارة خلال مساحة معينة من الحيز ويقاس بوحدة (waber,Maxwell)

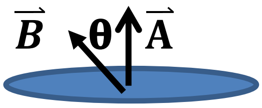
$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A}$

$\Phi_B = B\ A\ \cos\theta$

{الزاوية المحصورة بين متجه المساحة $\vec{A}$ ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$: θ }

$1\ wb = 10^8$ Maxwel

ملاحظة متجه المساحة $\vec{A}$ هو المتجه العمودي على مساحة السطح .



س/ ما هي أهم الطرق التي يمكن بواسطتها الحصول على تغير في الفيض المغناطيسي لغرض توليد ε_{ind} ؟

ج/ أولاً : تغيير قياس الزاوية θ بين متجه المساحة $\vec{A}$ ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$ كتدوير الحلقة أو الملف نسبةً لاتجاه المجال المغناطيسي المنتظم .

ثانياً : تغيير مساحة الحلقة المواجهة للفيض المغناطيسي Φ_B المنتظم . عن طريق شدها أو كبسها .

ثالثاً : تحريك الحلقة الموصلة بمستوى عمودي على الفيض المغناطيسي .

س/ دورت حلقة داخل مجال مغناطيسي منتظم ، وضح متى يكون الفيض المغناطيسي :

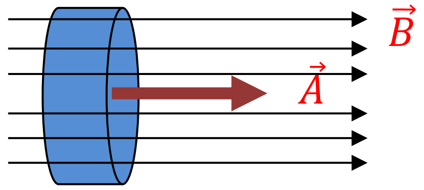
a) أكبر ما يمكن . b) نصف قيمته العظمى . c) صفراً .

ج/ a) عندما يكون متجه كثافة الفيض المغناطيسي عمودي على مستوى الحلقة أي موازٍ لمتجه المساحة حيث :

$\theta = 0$

$\Phi_B = B\ A \cos 0 = B\ A$ { $\cos 0 = 1$ }

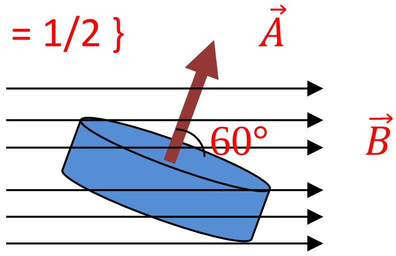
$\Phi_{B\,max} = BA$.



b) عندما يكون متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية 30^o مع مستوى الحلقة أي 60^o مع متجه المساحة ($\theta = 60^o$) .

$\Phi_B = B\ A \cos 60^o = BA\ (1/2)$ { $\cos 60^o = 1/2$ }

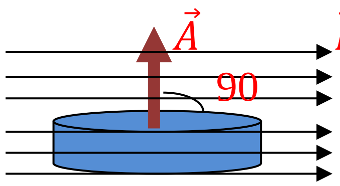
$\Phi_B = (1/2)\ B\ A = (1/2)\ \Phi_{B\,max}$



c) عندما يكون متجه الفيض المغناطيسي موازٍ لمستوى الحلقة أي عمودياً على متجه المساحة ($\theta = 90^o$)

$\Phi_B = B\ A \cos 90^o = BA\ (0)$ { $\cos 90^o = 0$ }

$\Phi_{B\,min} = 0$.



ملاحظة

1) إذا أعطي قطر الحلقة (d) أو نصف قطرها (r) نجد مساحة الحلقة من قانون مساحة الدائرة $A = \pi r^2$

2) في النظام الدولي للوحدات فإن الفيض المغناطيسي ϕ_B يقاس بوحدة (Waber) وكذلك المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$) يقاس بوحدة ($\frac{wb}{s}$) .

مثال (2) / حلقة دائرية موصلة قطرها 0.4m وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه $B = 0.5T$ ويتجه باتجاه مواز لمتجه مساحة الحلقة $\vec{A}$.

a- أحسب مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .

b- ما مقدار الفيض المغناطيسي على فرض أن الحلقة دارت بتجاه معاكس دوران عقارب الساعة لحين صار متجه المساحة $\vec{A}$ يصنع زاوية 45° مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي .

الجواب //

نحسب أولا مساحة الحلقة باعتبارها دائرة : $r = \frac{0.4}{2} = 0.2m$

$A = \pi r^2 = 3.14 \times (0.2)^2 = 3.14 \times 0.04 = 3.14 \times 4 \times 10^{-2} = 12.56 \times 10^{-2}\ m^2$

a- لحساب الفيض المغناطيسي لدينا العلاقة : $\theta = 0$

$\Phi_B = B\ A \cos0 = B\ A = 0.5 \times 12.56 \times 10^{-2} = 6.28 \times 10^{-2}\ wb$

b- بعد دوان الحلقة 45° فإن : $\theta = 45°$

$\Phi_B = B\ A \cos45°$

$= 0.5 \times 12.56 \times 10^{-2} \times 0.707 = 6.28 \times 10^{-2} \times 0.707 = 4.44 \times 10^{-2}\ wb$

مثال / حلقة موصلة نصف قطرها 4cm وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.2T وكان المجال المغناطيسي يصنع زاوية مقدارها 37° مع مستوى الحلقة جد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .

الجواب // نجد أولا مساحة الحلقة من العلاقة :

$A = \pi r^2 = 3.14 \times (4 \times 10^{-2})^2 = 3.14 \times 16 \times 10^{-4} = 50.24 \times 10^{-4}\ m^2$

بما أن المجال المغناطيسي يصنع زاوية مقدارها 37° فانه يصنع زاوية مقدارها 53° مع متجه المساحة :

$\Theta = 90 - 37 = 53°$

لذلك فان :

$\Phi_B = B\ A \cos53$

$= 0.2 \times 50.24 \times 10^{-4} \times 0.6 = 10.48 \times 0.6 \times 10^{-4} = 6.0288 \times 10^{-4}\ wb$

((قانون فرداي))

ينص قانون فرداي على أنه:

{ مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) المتولدة في حلقة موصلة تتناسب طردياً مع المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي }

$\varepsilon_{ind} \propto \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$

للفة واحدة $\varepsilon_{ind} = -\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$

$\varepsilon_{ind} = -N \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$ للملف

ملاحظة: العامل ألأساس في توليد ε_{ind} هو حدوث تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .

س/ ماذا يحدث لقطعة موصل تجاور مجال مغناطيسي متغير مع الزمن ؟ ولماذا ؟

ج/ تتولد ε_{ind} على طرفي الموصل بسبب تغير الفيض المغناطيسي مع الزمن $(\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t})$.

س3/ عند دوران ملف مساحة اللفة الواحدة فيه A بسرعة زاوية ω داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه $\vec{B}$. فإن الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة يعطى بالعلاقة $[\Phi_B = B\ A\ \cos\theta]$ في حين تعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف بشكل دالة جيبية $[\varepsilon_{ind} = NBA\omega \sin\omega t]$ ، وضح ذلك بطريقة رياضية ؟

ج/ ج/ بما أن:

$\Phi_B = \vec{B} . \vec{A}$

$\Phi_B = B\ A\ \cos\theta \quad \{ \omega = \theta/t ,\ \theta = \omega t \}$

$\Phi_B = B\ A\ \cos\omega t$

$\frac{\Delta\varnothing_B}{\Delta t} = \frac{\Delta\,(BA\ COS\omega t)}{\Delta t} = -BA\omega \sin\omega t \qquad \{ \frac{\Delta}{\Delta t}\ (\cos\omega t) = -\omega \sin\omega t \}$

وبما أن: $\varepsilon_{ind} = -N \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = -N\ (-BA\omega \sin\omega t)$

إذن : $\varepsilon_{ind} = NBA\omega \sin\omega t$

وبما أن : القوة الدفعة الكهربائية العظمى $\varepsilon_{max} = NBA\omega$,$\theta = 90°$

إذن : القوة الدافعة الكهربائية الآنية $\varepsilon_{ind} = \varepsilon_{max} \sin\omega t$

θ أو (ωt): زاوية الطور أو الزاوية المحصورة بين متجه المساحة(A) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي (B)

ω : السرعة الزاوية لدوران الملف في المجال المغناطيسي وتقاس بوحدة $\frac{rad}{s}$.

س/ على ماذا يعتمد مقدار القوة الدافعة الكهربائية العظمى ؟

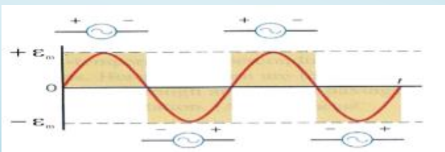
ج/ من العلاقة : $\varepsilon_{max} = N\ B\ A\ \omega$ فإنها تعتمد على :

1- عدد لفات الملف N 2- كثافة الفيض المغناطيسي B

3- مساحة اللفة الواحدة A 4- السرعة الزاوية لدوران الملف في المجال المغناطيسي ω .

ملاحظة:

1- أن شكل الفولطية الخارجة من مولد التيار المتناوب هو جيبي الموجة :



2- إن قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تنعكس مرتين في الدورة الواحدة .

3- تقاس السرعة الزاوية ω بوحدات (rad/ s) ويقاس تردد الدوران f بوحدات Hz

حيث أن : $\omega = 2\pi f$

س/ متى تصبح الفولطية الآنية الناتجة عن ملف يدور داخل مجال مغناطيسي منتظم :
A) عند قيمتها العظمى الموجبة . B) صفراً . C) عند قيمتها العظمى السالبة .

ج/
A) عندما يكون المجال المغناطيسي موازٍ لمستوى الملف أي عمودي على متجه المساحة
(بعد ربع دورة)

$\theta = \omega t = \pi/2 = 90^o$

$\varepsilon_{ind} = NBA\omega \sin(\pi/2) = NBA\omega$

$\varepsilon_{ind} = +\varepsilon_{max}$

B) عندما يكون المجال المغناطيسي عمودي على مستوى الملف أي موازٍ لمتجه المساحة
(بعد نصف دورة)

$\omega t = 0 \quad or \quad \pi$

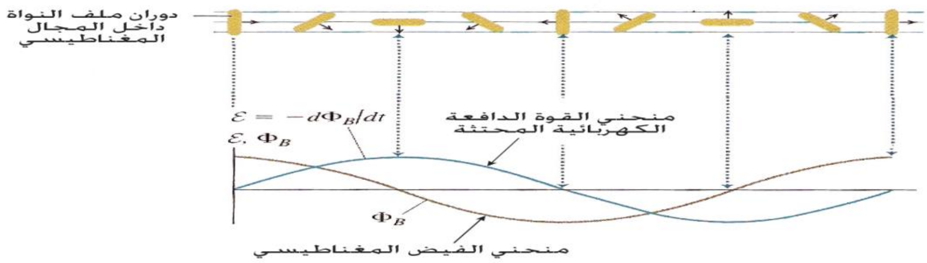
$\varepsilon_{ind} = NBA\omega \sin(0) = 0$

C) عندما يكون المجال المغناطيسي موازٍ لمستوى الملف أي عمودي على متجه المساحة
(ثلاثة أرباع الدورة)

$\omega t = 3\pi/2 = 270^o$

$\varepsilon_{ind} = NBA\omega \sin(3\pi/2) = NBA\omega(-1) = -NBA\omega$

$\varepsilon_{ind} = -\varepsilon_{max}$



ملاحظة

لحساب التيار الآني (I_{ind}) الخارج من مولد التيار المتناوب (ملف يدور في مجال مغناطيسي منتظم)

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{NBA\omega \sin \omega t}{R} = \frac{NBA\omega}{R}\sin \omega t = I_{max}\sin \omega t$$

$$I_{max} = \frac{NBA\omega}{R}$$

$$I_{max} = \frac{\varepsilon_{max}}{R}$$

س/ ما هي العوامل التي يعتمد عليها المقدار الأعظم للتيار المتناوب الخارج من ملف يدور داخل مجال مغناطيسي منتظم ؟

ج/ من العلاقة : $I_{max} = \frac{NBA\omega}{R}$ فان التيار الأعظم يعتمد على :-

1) عدد لفات الملف .
3) مساحة اللفة الواحدة .
2) كثافة الفيض المغناطيسي .
4) السرعة الزاوية لدوران الملف داخل المجال المغناطيسي .
5) مقاومة الدائرة الخارجية (الحمل) .

ملاحظة 1) الإشارة السالبة تعني أن ε_{ind} تعاكس التغير في الفيض المغناطيسي فإذا كان $\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$ في حالة تزايد ($\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} > 0$) فإن ε_{ind} تكون سالبة وإذا كان $\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$ في حالة تناقص $\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} < 0$ تكون ε_{ind} موجبة .

2) إذا ذكر أن الفيض المغناطيسي في حالة تلاشي (تناقص) يجب أن نضع إشارة سالبة ($\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = -$) .

ملاحظة إذا ذكر أن الفيض المغناطيسي يتغير مع الزمن فإن : $\Delta\phi_B = \phi_f - \phi_i$ ونكمل الحل باستخدام قانون فرداي .

مثال / ملف عدد لفاته 100 لفه موضوع داخل مجال مغناطيسي منتظم فيضه 0.05 wb وموازي لمتجه المساحة فاذا تلاشى الفيض المغناطيسي الى الصفر خلال 0.02 s جد معدل القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على طرفي الملف خلال تلك الفترة .

الجواب //

$$\Delta\phi_B = \phi_f - \phi_i = 0 - 0.05 = -0.05 \text{ wb}$$

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = -100 \times \frac{-0.05}{0.02} = +250 \text{ V}$$

ملاحظة إذا ذكر أن كثافة الفيض المغناطيسي تتغير مع الزمن فإن :

$$\Delta B = B_f - B_i$$

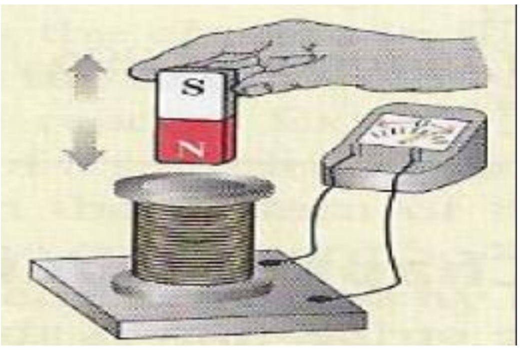
$$\Delta\phi_B = A\,.\Delta B\,.\cos\theta$$

ثم نكمل الحل باستخدام قانون فرداي

مثال (3) / الشكل المجاور يوضح ملفا يتألف من 50 لفة متماثلة ومساحة اللفة الواحدة ($20cm^2$) . فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف من (0.0T الى 0.8T) خلال زمن 0.4 s احسب :

1- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (ε_{ind}) في الملف .

2- مقدار التيار المنساب في الدائرة اذا كان الملف المربوط بين طرفي الكلفانوميتر والمقاومة الكلية للدائرة (80Ω) .



الجواب :

1- نجد التغير في كثافة الفيض المغناطيسي من العلاقة:

$$\Delta B = B_f - B_i = 0.8 - 0 = 0.8 \text{ T}$$

نجد الآن التغير في الفيض المغناطيسي من العلاقة :

$$\Delta\phi_B = A\,.\Delta B\,.\cos 0$$

$$= 20 \times 10^{-4} \times 0.8 \times 1 = 16 \times 10^{-4} \text{ wb}$$

وبذلك تكون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة من العلاقة :

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$

$$= -50 \times \frac{16 \times 10^{-4}}{0.4} = -500 \times 4 \times 10^{-4} = -2000 \times 10^{-4} = -0.2 \text{ V}$$

(الاشارة السالبة تدل على أن القوة الدافعة الكهربائية تعاكس المسبب الذي ولدها و هو المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي على وفق قانون لنز) .

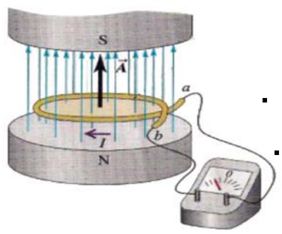
2- لحساب التيار المحتث نستعمل قانون أوم :

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{0.2}{80} = \frac{2 \times 10^{-2}}{8} = 0.25 \times 10^{-2} = 2.5 \times 10^{-3} A$$

انتباه : عند حساب التيار يجب ان لا نستخدم الاشارة السالبة في القوة الدافعة المحتثة .

س(1) / ملف سلكي دائري الشكل عدد لفاته (40) لفة ونصف قطره (30cm) ، وضع بين قطبي مغناطيس كهربائي لاحظ الشكل ، فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة خلال الملف من (0.0T) الى (0.5T) خلال زمن قدره (4 s) .

ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف عندما يكون :



a- متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي .

b- متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها 30° مع مستوى الملف .

الجواب //

نجد أولاً المساحة للفة الواحدة :

$$A = \pi r^2 = \pi \times (30 \times 10^{-2})^2$$
$$= \pi \times (3\times10^{-1})^2 = 9\pi \times 10^{-2}\ m^2 .$$

نجد الآن التغير في كثافة الفيض المغناطيسي ΔB من العلاقة :

$$\Delta B = B_f - B_i = 0.5 - 0 = 0.5\ T$$

a- بما ان متجه مساحة اللفة بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي فان : $\theta = 0$

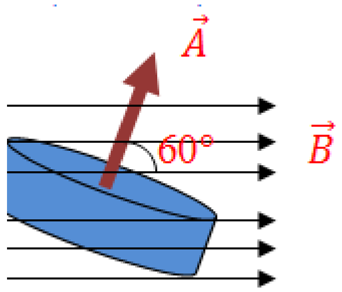
$$\Delta\phi_B = A\ .\Delta B\ .\ \cos 0$$
$$= 9\pi \times 10^{-2} \times 0.5 \times 1 = 4.5\pi \times 10^{-2}\ wb$$

ثم نجد معدل القوة الدافعة الكهربائية من العلاقة :

$$\varepsilon_{ind} = -N \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$
$$= -40 \times \frac{4.5\pi \times 10^{-2}}{4} = -45\pi \times 10^{-2} = -0.45\pi\ V$$

b- بما أن متجه كثافة الفيض يصنع زاوية 30° مع مستوى الملف

أي أنه يصنع زاوية 60° مع متجه المساحة :



$$\theta = 90 - 30 = 60°$$
$$\Delta\phi_B = A\ .\Delta B\ .\ \cos 60°$$
$$= 9\pi \times 10^{-2} \times 0.5 \times 0.5$$
$$= 4.5\ \pi \times 0.5 \times 10^{-2} = 2.25\pi \times 10^{-2}\ wb$$

ثم نجد معدل القوة الدافعة الكهربائية من العلاقة :

$$\varepsilon_{ind} = -N \frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$
$$= -40 \times \frac{2.25\pi \times 10^{-2}}{4} = -22.5\pi \times 10^{-2} = -0.225\pi\ V$$

مثال / ملف مستطيل الشكل أبعاده (12cm × 10 cm) وعدد لفاته 80 لفه وضع عموديا على فيض مغناطيسي منتظم يتغير مقدار كثافة فيضه من (0) الى ($0.025\ wb/m^2$) ، تولدت على طرفيه قوة دافعة كهربائية محتثة مقدارها 20V :

a- احسب زمن تغير الفيض المغناطيسي من الصفر .

b- اذا ربط طرفي الملف بحمل كهربائي ومر فيه تيار كهربائي مقداره 0.25 A فكم هو مقدار مقاومة الحمل .

الجواب : a-

بما أن الملف مستطيل الشكل فان : $A = 12 \times 10^{-2} \times 10 \times 10^{-2} = 12 \times 10^{-3}\ m^2$

وبما أن الملف عمودي على المجال المغناطيسي فان متجه المساحة يكون موازٍ للمجال المغناطيسي

($\theta = 0$) نجد الآن تغير كثافة الفيض من العلاقة :

$$\Delta B = B_f - B_i = 0.025 - 0 = 0.025\ T$$

$$\Delta\phi_B = A\ .\Delta B\ .\cos 0°$$

$$= 12 \times 10^{-3} \times 0.025 \times 1$$

$$= 0.300 \times 10^{-3} = 0.3 \times 10^{-3}\ wb$$

لإيجاد الزمن لدينا العلاقة :

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$

(الفيض في حالة تزايد لذا تكون emf سالبة)

$$-20 = -80 \times \frac{3 \times 10^{-4}}{\Delta t}$$

$$20\ \Delta t = 240 \times \times 10^{-4}$$

$$\therefore \Delta t = \frac{240 \times 10^{-4}}{20} = 12 \times 10^{-4}\ s$$

b- لحساب مقاومة الحمل لدينا قانون أوم :

$$R = \frac{\varepsilon_{ind}}{I_{ind}} = \frac{20}{0.25} = \frac{2000}{25} = 80\Omega$$

مثال (وزاري) واجب : ملف سلكي دائري الشكل عدد لفاته (60) لفة ونصف قطره (20cm) وضع بين قطبي مغناطيسي كهربائي فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة خلال الملف من (0.0T) الى (0.5T) خلال زمن قدره (π s) ، ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف عندما يكون :

1) متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي .

2) متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها (30°) مع مستوى الملف .

الجواب //

ملاحظة إذا أعطى المعدل الزمني لكثافة الفيض المغناطيسي فيعني بذلك : $\left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right)$

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \cos\theta$$

ثم نكمل الحل باستخدام قانون فرداي

مثال / ملف سلكي يتألف من 500 لفة دائرية قطرها (4cm) وضع بين قطبي مغناطيس ذي فيض مغناطيسي منتظم يصنع زاوية 30° مع مستوى اللفة . فاذا تناقصت كثافة الفيض المغناطيسي بمعدل 0.2T/s احسب معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف .

الجواب // بما أن متجه كثافة الفيض يصنع زاوية 30° مع مستوي الملف أي أنه يصنع زاوية 60° مع متجه المساحة :

$$\theta = 90 - 30 = 60°$$

نصف قطر الملف

$$r = \frac{4}{2} = 2 \times 10^{-2}\text{m}$$

نجد الآن مساحة اللفة الواحدة :

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times (2 \times 10^{-2})^2 = 3.14 \times 4 \times 10^{-4} = 12.56 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$$

وان المعدل الزمني للفيض المغناطيسي يكون :

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \cos 60°$$

ولحساب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة نستخدم قانون فرداي :

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_{ind} = -N \cdot A \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \cos 60°$$

$$= -500 \times 12.56 \times 10^{-4} \times (-0.2) \times 0.5 = +6280 \times 10^{-4} \times 0.1 = +0.0628\ \text{V}$$

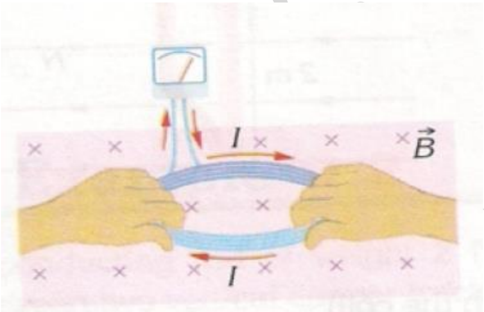
ملاحظة إذا ذكر أن مساحة الحلقة تتغير فإن :

$$\Delta A = A_f - A_i$$

$$\Delta\phi_B = B \cdot \Delta A \cdot \cos\theta$$

ثم نكمل الحل باستخدام قانون فرداي

س (2) / حلقة موصلة دائرية مساحتها 626cm^2 ومقاومتها 9Ω موضوعة في مستوى الورقة سلط عليها مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.15T عمودي على مستوى الحلقة . سحبت الحلقة من جانبيها بقوتي شد متساويتين فبلغت مساحتها 26cm^2 خلال فترة زمنية مقدارها 0.2 s . احسب مقدار التيار المحتث المار في الحلقة .



الجواب : نجد أولا التغير في مساحة الحلقة من العلاقة :

$$A = A_f - A_i = 26 - 626 = -600\ \text{cm}^2 = -600 \times 10^{-4}\text{m} = -0.06\ \text{m}^2$$

ثم نجد تغير الفيض المغناطيسي من العلاقة :

$$\Delta\phi_B = B \cdot \Delta A \cdot \cos 0$$

$$= 0.15 \times -0.06 \times 1 = 0.0090 = 9 \times 10^{-3}\ \text{Wb}$$

الآن نجد معدل القوة الدافعة من العلاقة : (لفة واحدة)

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{9 \times 10^{-3}}{0.2} = \frac{90}{2} \times 10^{-3} = 45 \times 10^{-3}\ V$$

وأخيرا نجد التيار من العلاقة :

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{45 \times 10^{-3}}{9} = 5 \times 10^{-3} A = 5\, mA$$

س/ ما هو الفرق بين التيار الكهربائي والتيار المحتث في الدائرة المغلقة ؟

ج/ إن تولد التيار الكهربائي يحتاج إلى مصدر قوة دافعة كهربائية (بطارية أو مولد) في حين إن تولد التيار المحتث يتطلب توافر قوة دافعة كهربائية محتثة عن طريق تغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق الدائرة لوحدة الزمن .

قانون لنز

ينص قانون لنز على أن : ((التيار المحتث في دائرة كهربائية مغلقة يمتلك اتجاها بحيث أن مجاله المغناطيسي المحتث يعاكس بتأثيره للفيض المغناطيسي الذي ولد هذا التيار)) .

س/ ما لغرض من تطبيق قانون لنز ؟

ج/ 1) تحديد اتجاه التيار المحتث في دائرة كهربائية مغلقة . 2) يعد تطبيقا لقانون حفظ الطاقة .

س/ كيف يعد قانون لنز تطبيق لحفظ الطاقة ؟ وضح ذلك .

ج/ لإحداث الحركة النسبية بين الموصل والمجال المغناطيسي و المسؤولة عن التغير في الفيض المغناطيسي يتطلب انجاز شغل ميكانيكي من خارج النظام يتحول إلى طاقة ميكانيكية أو أي نوع آخر من الطاقة تصرف في الحمل وهذا يعد تطبيقاً لحفظ الطاقة .

ملاحظة // 1- قاعدة الكف اليمنى لتحديد اتجاه التيار المحتث في ملف أو حلقة (الإبهام باتجاه المجال المغناطيسي (القطب الشمالي) المحتث ولف الأصابع يشير إلى اتجاه التيار المحتث).

2- A- عند اقتراب قطب مغناطيسي من جوف الحلقة فالوجه القريب للقطب المغناطيسي المقترب يكون مشابه له والبعيد عنه يكون مخالف له .

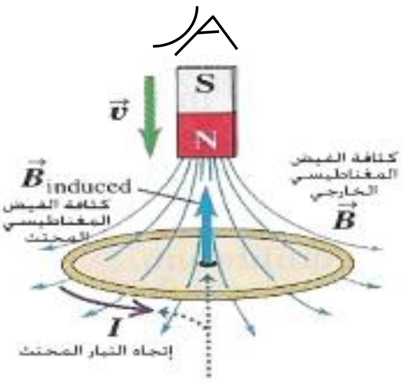
B- عند ابتعاد قطب مغناطيسي عن جوف الحلقة فالوجه القريب للقطب المغناطيسي يكون مخالف له والبعيد عنه يكون مشابه له

3- يجب التمييز بين المجال المغناطيسي الخارجي (B) الذي ولد التيار المحتث وبين المجال المغناطيسي المحتث (B_{ind}) الذي ولده التيار المحتث .

س/ حسب قانون لنز حدد اتجاه التيار المحتث في حلقة مغلقة أثناء :

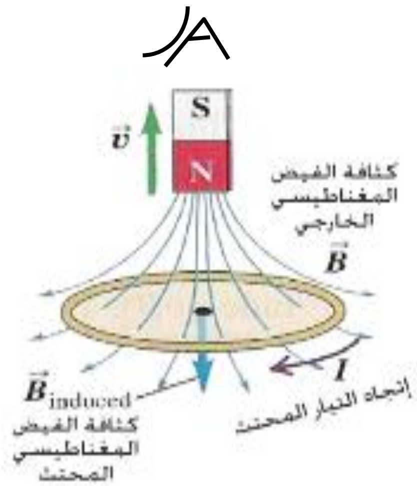
a) تقريب قطب شمالي مغناطيسي من وجه الحلقة .

b) إبعاد ذلك القطب عن وجه الحلقة.



ج/ a) عند تقريب القطب الشمالي من وجه الحلقة يحدث تزايد في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة ($\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} > 0$) فيتولد تيار محتث معاكس لاتجاه حركة دوران عقارب الساعة (حسب قاعدة الكف اليمنى) ويتولد مجالاً مغناطيسياً

محتثاً B_{ind} يعاكس اتجاه الفيض المغناطيسي الخارجي لكي يقاوم التزايد في ذلك الفيض فيصبح وجه الحلقة القريب للقطب الخارجي شمالي والبعيد عنه جنوبي .



b) عند إبعاد القطب الشمالي عن وجه الحلقة يحدث تلاشي للفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة ($\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} < 0$) فيتولد تيار محتث بنفس اتجاه حركة دوران عقارب الساعة (حسب قاعدة الكف اليمنى) ويتولد مجالاً مغناطيسياً محتثاً B_{ind} بنفس اتجاه الفيض المغناطيسي الخارجي لكي يعوض التلاشي في ذلك الفيض فيصبح وجه الحلقة القريب للقطب الخارجي جنوبي والبعيد عنه شمالي .

س/واجب: حسب قانون لنز حدد اتجاه التيار المحتث في حلقة مغلقة أثناء :

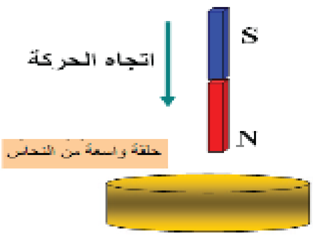
a) تقريب قطب جنوبي مغناطيسي من وجه الحلقة . b) إبعاد ذلك القطب عن وجه الحلقة.

ج/

س/ فكر:افرض أن ساقا مغناطيسية سقطت سقوطا حرا نحو الأسفل وهي بوضع شاقولي، وتحتها حلقة واسعة من النحاس مقفلة ومثبتة أفقياً ، (بإهمال مقاومة الهواء .)

1) هل إن هذه الساق تسقط بتعجيل يساوي تعجيل الجاذبية الأرضية ؟أم اكبر منه ؟ أم أصغر؟

2)عين اتجاه القوة المغناطيسية التي تؤثر فيها الحلقة على الساق في أثناء اقتراب الساق من الحلقة.

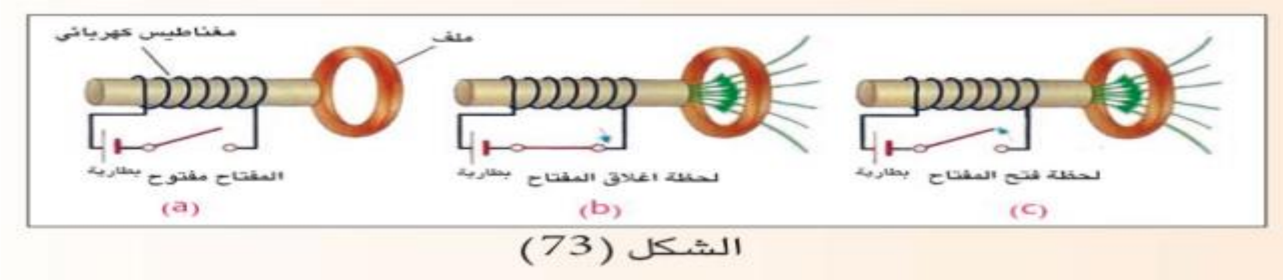


ج//

1- تعجيل الساق يكون أصغر من التعجيل ألأرضي بسبب التنافر بين وجه الحلقة العلوي (شمالي) والوجه السفلي للساق حسب قانون لنز مما يعرقل نزول الساق .

2- يكون اتجاه القوة نحو ألأعلى .

س6/ عين اتجاه التيارات المحتثة في الحلقة في كل من ألأشكال الثلاثة الآتية :



الشكل (73)

ج/ a) لا يتولد تيار محتث في الحلقة لعدم وجود فيض مغناطيسي يخترق الحلقة نتيجة عدم مرور تيار مستمر في الملف .

b) عند غلق الدائرة يحدث نمو للفيض المغناطيسي فإذا نظرنا للحلقة من الجهة اليمنى فان اتجاه التيار المحتث للحلقة لحظة نمو التيار في الملف يكون باتجاه عكس عقارب الساعة .

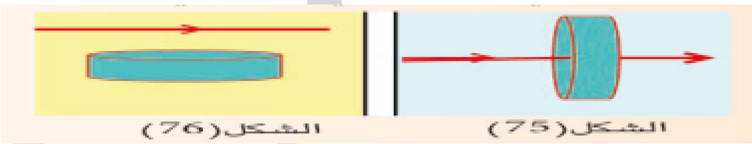
c) عند فتح الدائرة يحدث تلاشي للفيض المغناطيسي فإذا نظرنا للحلقة من الجهة اليمنى فإن اتجاه التيار المحتث للحلقة لحظة تلاشي التيار في الملف يكون باتجاه عقارب الساعة .



س/ افترض أن الملف والمغناطيس الموضح في الشكل الآتي : كل منهما يتحرك بالسرعة نفسها نسبة للأرض هل إن الملي أميتر الرقمي أو الكلفانوميتر المربوط مع الملف يشير إلى مرور تيار في الدائرة ؟ وضح ذلك؟

ج/ كلا ، لعدم وجود حركة نسبية بين الملف والمغناطيس والمسؤولة عن تغير في الفيض المغناطيسي بثبوت كثافة الفيض المغناطيسي ومساحة اللفة الواحدة .

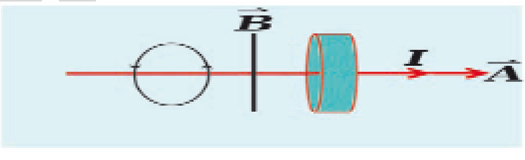
س10/ في كل من الشكلين 75 و 76 سلك نحاسي وحلقة من النحاس مغلقة . في أي وضعية ينساب تيار محتث في الحلقة عندما يتزايد التيار الكهربائي المنساب في السلك في كل من الحالتين ؟ وضح ذلك ؟



الشكل(76) الشكل(75)

ج/ في الشكل (75) لا ينساب تيار محتث في الحلقة ، لأن اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي (B) يكون موازياً لمستوى الحلقة فتكون: الزاوية (θ) بين متجه المساحة ($\vec{A}$) واتجاه كثافة الفيض المغناطيسي $\vec{B}$ تساوي 90°:-

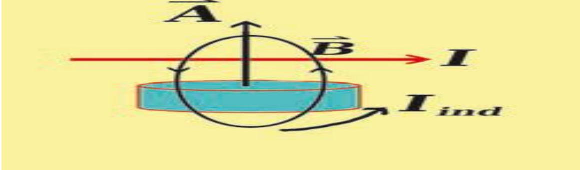
$$\Phi_B = BA\cos\theta = BA\cos 90 = 0$$



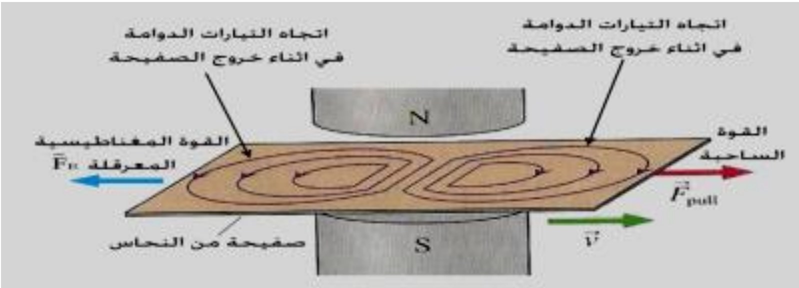
أما الشكل (76) يكون اتجاه التيار المحتث باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة .لأن المجال المغناطيسي حول السلك يخترق الحلقة ويكون اتجاهه نحو الأعلى ومتزايداً   . $\phi_B = BA\cos\theta$

والزاوية (θ = 0) $= BA\cos(0) = BA \cdot 1$

$\phi_B = BA$ **أعظم مقدار**



س/9 شريحة من النحاس وضعت بين قطبي مغناطيس كهربائي كثافة فيضه كبيرة وبمستوى شاقولي وكان مستوى الصفيحة عمودي على الفيض المغناطيسي ، وعندما سحبت الصفيحة أفقياً لإخراجها وجد أن قوة السحب تتطلب تسليط قوة معينة ويزداد مقدار القوة الساحبة بازدياد تلك السرعة . ما تفسير الحالتين ؟



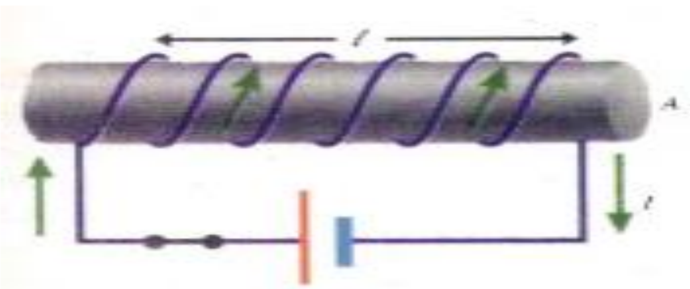
ج/ نتيجة للحركة النسبية بين الصفيحة المعدنية والفيض المغناطيسي تتولد تيارات دوامة في سطح الصفيحة المعدنية على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي و تتولد قوة مغناطيسية F_B معرقلة لاتجاه حركة الصفيحة على وفق قانون لنز . وبازدياد مقدار تلك السرعة تزداد القوة المغناطيسية

(F_B) : $\{ \; F_B = q\,v\,B \; \}$

$F_{pull} = F_B$

$F_{pull} = F_B$

المحاثة (الحث الذاتي)



المحاثة :- **هي ظاهرة توليد قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{ind} على طرفي ملف نتيجة تغير التيار المار لوحدة الزمن في الملف نفسه تعمل على عرقلة مرور التيار فيه طبقاً لقانون لنز .**

وشيجة الفيض المغناطيسي $(N\phi_B)$: هي عدد خطوط القوه المغناطيسية التي تخترق الملف بأكمله .

س/ أثبت أن : $\varepsilon_{ind} = -L\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$

ج/ بما أن وشيجة الفيض المغناطيسي $(N\phi_B)$ تتناسب طردياً مع التيار المار في الملف :

$N\phi_B \; \alpha \; I$

$\therefore N\phi_B = L\,I$ — وشيجة الفيض المغناطيسي = $(N\phi_B)$

$N\,\Delta\phi_B = L\,\Delta I$ — التغير في وشيجة الفيض المغناطيسي = $(N\Delta\phi_B)$

$\therefore$

إذن: $N\,\Delta\phi_B = L\,\Delta I \; \} \div \Delta t$

$N\dfrac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = L\dfrac{\Delta I}{\Delta t}$

وبما أن : $\varepsilon_{ind} = -N\dfrac{\Delta\phi_B}{\Delta t}$

$\therefore -\varepsilon_{ind} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$

والإشارة السالبة تعني أن ε_{ind} تعاكس المؤثر الذي ولّدها $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ طبقاً لقانون لنز

$$\therefore \varepsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

حيث أن :

$N\Delta\phi_B$ = التغير في وشيجة الفيض المغناطيسي

L = معامل الحث الذاتي للملف

معامل الحث الذاتي للملف (L) :- هو النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على طرفي ملف ε_{ind} إلى المعدل الزمني لتغير التيار المار في الملف نفسه $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ ويقاس بوحدة الـ Henry .

$$L = -\frac{\varepsilon_{ind}}{\frac{\Delta I}{\Delta t}} \quad \rightarrow H = \frac{volt}{\frac{Amper}{second}} = \frac{V.s}{A}$$

ملاحظة في النظام الدولي للوحدات فان معامل الحث الذاتي يقاس بوحدات الـ **Volt . second / Ampere** وهي تعادل هنري واحد **Henry.**

الهنري (H) : **هو معامل الحث الذاتي لملف الذي لو تغير التيار المار فيه بمعدل (A/s) لتولدت على طرفيه قوة دافعة كهربائية محتثة مقدارها فولطاً واحداً.**

س/ ما هي العوامل التي يعتمد عليها معامل الحث الذاتي للملف ؟

ج/ 1)عدد لفات الملف. 2) حجم الملف. 3) الشكل الهندسي للملف .

4) النفوذية المغناطيسية لمادة قلب الملف .

ملاحظة **يزداد معامل الحث الذاتي للملف عند إدخال قلب من الحديد المطاوع في جوف الملف .**

س/ ارسم مخطط يبين أن زمن تلاشي التيار من مقداره الثابت إلى الصفر أصغر من زمن تنامي التيار من الصفر إلى مقداره الثابت ؟



س/ علل ، يكون زمن تنامي التيار كبير مقارنة مع زمن تلاشي التيار المار في الملف ؟

ج/ بسبب تولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي الملف تعرقل نمو التيار فيتنامى ببطء ، أما عند فتح الدائرة تتولد فجوة هوائية بين طرفي المفتاح تجعل مقاومة الدائرة كبيرة جداً فيتلاشى التيار بسرعة .

ملاحظة

1) عندما يكون التيار المار في الملف ثابت مع الزمن فإن $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$ و $\varepsilon_{ind} = 0$

2) عند غلق الدائرة ينساب تيار متزايد مع الزمن $\frac{\Delta I}{\Delta t} > 0$ وتتولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي الملف بقطبية معاكسة للفولطية المطبقة لكي تعرقل نمو التيار ($\varepsilon_{ind} = -$) :

$$V_{net} = V_{applid} - \varepsilon_{ind}$$
$$IR = V_{applid} - \varepsilon_{ind}$$

3) عند فتح الدائرة يتلاشى التيار مع الزمن ($\frac{\Delta I}{\Delta t} < 0$) وتتولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي الملف بنفس قطبية الفولطية المطبقة ($\varepsilon_{ind} = +$) لكي تعرقل التلاشي السريع للتيار :

$$V_{net} = V_{applid} + \varepsilon_{ind}$$
$$I_{ins} R = V_{applid} + \varepsilon_{ind}$$

الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف

الطاقة المختزنة في الملف $P.E = \frac{1}{2} L I^2$

س/ على ماذا تعتمد الطاقة المختزنة في الملف ؟

ج/ من العلاقة : $P.E = \frac{1}{2} L I^2$ فإنها تعتمد على مربع التيار الثابت وتتناسب معه طردياً .

س/ ماذا يحدث للطاقة المختزنة في ملف عند مضاعفة التيار ؟ وضح ذلك .

ج/ تصبح الطاقة أربعة أمثال ما كانت عليه :

$$P.E' = \frac{1}{2} L I'^2 = \frac{1}{2} L (2I)^2 = 4 [\frac{1}{2} L I^2] = 4P.E$$

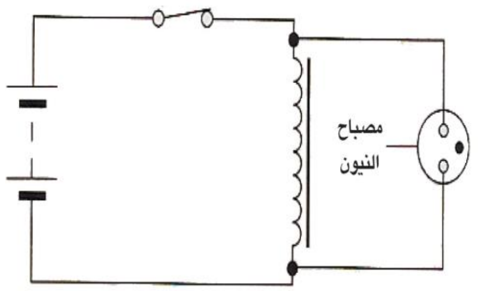
المحث : هو ملف مهمل المقاومة لا يتسبب بضياع الطاقة .

س/ أشرح نشاط يوضح تولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية على طرفي الملف ؟

الجواب //

الادوات : بطارية فرق جهدها 9V ، مفتاح ، ملف سلكي ذو قلب من الحديد المطاوع مصباح نيون يحتاج (80V) لكي يتوهج .

الخطوات :



- نربط الملف والمفتاح والبطارية على التوالي مع بعض .
- نربط مصباح النيون على التوازي مع الملف كما في الشكل .
- نغلق دائرة الملف والبطارية بواسطة المفتاح فلا نلاحظ توهج المصباح .
- نفتح دائرة الملف والبطارية نلاحظ توهج المصباح بضوء ساطع لبرهه قصيرة من الزمن بالرغم من فصل البطارية عن الدائرة .

الاستنتاج :

أولاً: عدم توهج المصباح كان بسبب الفولطية الموضوعة على طرفيه لم تكن كافية لتوهجه ، وذلك لأن نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت كان بطيئاً بسبب تولد قوة دافعة كهربائية محتثة تعرقل المسبب لها على وفق قانون لنز .

ثانيا : توهج مصباح النيون لحظة فتح المفتاح كان بسبب تولد فولطية كبيرة على طرفيه تكفي لتوهجه نتيجة التلاشي السريع للتيار خلال الملف فتتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية كبيرة المقدار ويعمل الملف كمصدر طاقة يجهز المصباح بالطاقة الكافية للتوهج .

س2/ علل مايلي :

1- يتوهج مصباح النيون المربوط على التوازي مع ملف بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن لحظة فتح المفتاح على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة ، ولا يتوهج عند إغلاق المفتاح ، علل.

ج/ يتوهج مصباح النيون المربوط على التوازي مع ملف بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن لحظة فتح المفتاح على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة في الحالة لأن تلاشي التيار من مقداره الثابت الى الصفر يكون سريع جدا فتتولد ε_{ind} على طرفي الملف كبيرة المقدار فيعمل الملف عمل مصدر يجهز المصباح بالطاقة الكافية لتوهجه.

ولا يتوهج عند إغلاق المفتاح فان الفولطية الموضوعة على طرفية لم تكن كافية لتوهجه لأن نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت بطيئاً مما يؤدي الى تولد قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{ind} في الملف بقطبية معاكسة لقطبية الفولطية الموضوعة تعرقل المسبب لها على وفق قانون لنز ، لذا تكون الفولطية المتولدة صغيرة المقدار على طرفي الملف لا تكفي لتوهج المصباح.

ملاحظات لحل مسائل الحث الذاتي

1) لإيجاد وشيجة الفيض المغناطيسي ($N\phi_B$) نستخدم العلاقة الآتية : $N\phi_B = LI$

أو الفيض المغناطيسي للفه واحده ϕ_B نستخدم العلاقة الآتية : $\phi_B = \frac{LI}{N}$

2) لإيجاد التغير في وشيجة الفيض المغناطيسي ($N\Delta\phi_B$) نستخدم العلاقة الآتية : $N\Delta\phi_B = L\Delta I$

أو التغير في الفيض المغناطيسي ($\Delta\phi_B$) الذي يخترق اللفة الواحدة نستخدم العلاقة :

$$\Delta\phi_B = \frac{L\Delta I}{N}$$

3) لإيجاد المعدل الزمني لتغير التيار أو المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي :

$$N\frac{\Delta\phi_B}{\Delta t} = L\frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

4) لإيجاد عدد خطوط الفيض المغناطيسي التي تخترق الملف نجد وشيجة الفيض المغناطيسي من العلاقة : $N\phi_B = LI$

ومن ثم نضرب $\times 10^8$. وكذلك لو طلب عدد خطوط القوة المغناطيسية التي تخترق اللفة الواحدة نجد الفيض من العلاقة : $\phi_B = \frac{LI}{N}$ ونضرب الناتج $\times 10^8$

5) لحظة غلق الدائرة فإن التيار الآني (I_{ins}) يساوي صفر وهذا يعني أن : $V_{applid} - \varepsilon_{ind} = 0$

$V_{applid} = \varepsilon_{ind}$

6) لحظة بلوغ التيار مقداره الثابت $I_{const} = I_{ins}$ فإن : $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$ و $\varepsilon_{ind} = 0$

7) لإيجاد التيار الثابت ($I_{const.}$) فإن : $I_{const} = \frac{V_{applid}}{R}$

8) عند غلق الدائرة ينساب تيار متزايد مع الزمن $\frac{\Delta I}{\Delta t} > 0$ وتتولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي الملف بقطبية معاكسة للفولطية المطبقة ($\varepsilon_{ind} = -$) لكي تعرقل نمو التيار :

$V_{applid} - \varepsilon_{ind} = I_{ins} R$

المعادلة العامة : $V_{applid} = \varepsilon_{ind} + I_{ins} . R$

9) عند فتح الدائرة يتلاشى التيار مع الزمن $(\frac{\Delta I}{\Delta t} < 0)$ وتتولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي الملف بنفس قطبية الفولطية المطبقة $(\varepsilon_{ind} = +)$ لكي تعرقل التلاشي السريع للتيار .

$V_{applid} + \varepsilon_{ind} = I_{ins} R$

10) اذا ذكر أن التيار الكهربائي خلال الملف انعكس خلال فترة زمنية معينة فإن : $\Delta I = -2\ I_{CONST.}$

مثال (4) / ملف معامل حثه الذاتي (2.5 mH) وعدد لفاته (500) ، ينساب فيه تيار مستمر (4A) ، احسب : 1- مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة .
2- الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف .
3- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال (0.25 s) .

الجواب : 1- نستخدم العلاقة التالية : $N\phi_B = LI$

$$\phi_B = \frac{LI}{N} = \frac{2.5 \times 10^{-3} \times 4}{500} = \frac{10 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{2}} = 2 \times 10^{-5}\ Wb$$

2- لحساب الطاقة المختزنة في الملف لدينا العلاقة : $P.E = \frac{1}{2}\ L\ I^2$

$$= \frac{1}{2} \times 2.5 \times 10^{-3} \times (4)^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 25 \times 10^{-4} \times 16 = 200 \times 10^{-4} = 0.02\ J$$

3- نجد أولاً تغير التيار ΔI : $\Delta I = -2\ I_{CONST} = -2 \times 4 = -8\ A$

$$\therefore \varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -2.5 \times 10^{-3} \times \frac{-8}{0.25} = +25 \times 10^{-4} \times \frac{8}{25 \times 10^{-2}} = 0.08\ V$$

س (6) / اذا كانت الطاقة المغناطيسية المختزنة في الملف (360 J) عندما كان مقدار التيار المنساب فيه (20A) احسب :
1- مقدار معامل الحث الذاتي للمحث .
2- معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس التيار خلال (0.1 s).

الجواب :

1- لحساب معامل الحث الذاتي نستخدم معادلة الطاقة المختزنة : $P.E = \frac{1}{2}\ L\ I^2$

$$360 = \frac{1}{2} \times L \times (20)^2$$

$$720 = 400\ L$$

$$L = \frac{72}{40} = \frac{18}{10} = 1.8\ H$$

2- نجد أولاً تغير التيار ΔI : $\Delta I = -2\ I_{CONST} = -2 \times 20 = -40\ A$

$$\therefore \varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -1.8 \times \frac{-40}{0.1} = +18 \times 40 = 720\ V$$

مثال : ملف معامل حثه الذاتي (0.2 H) ومقاومته (5Ω) طبقت عليه فولطية مطبقة مقدارها 100 V احسب :

1- مقدار التيار الثابت (ألأعظم) المار في الملف .
2- التيار المار في الملف لحظة بلوغه 80% من مقداره الثابت .
3- المعدل الزمني للتيار المار في الحالات الآتية :
a) لحظة غلق الدائرة . b) لحظة بلوغ التيار 80% من مقداره الثابت .
c) لحظة بلوغ التيار مقداره الثابت . d)لحظة بلوغ القوة الدافعة الكهربائية 40% من الفولطية المطبقة . e) لحظة بلوغ التيار (15A) .

الجواب :

1- لدينا العلاقة الآتية لحساب التيار الثابت :

$$I_{const} = \frac{V_{applid}}{R} = \frac{100}{5} = 20\ A$$

2- بما أن التيار المار بالملف يبلغ 80% من المقدار الثابت :

$$I_{ins} = 80\%\ I_{const} = \frac{80}{100} \times 20 = 16A$$

3- لإيجاد المعدل الزمني لتغير التيار : a) لحظة غلق الدائرة فان التيار الآني يساوي صفراً $I_{ins} = 0$

$$V_{applid} = \varepsilon_{ind} + I_{ins} . R$$

$$100 = L\frac{\Delta I}{\Delta t} + 0 \times 5$$

$$100 = 0.2\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{100}{0.2} = \frac{1000}{2} = 500\ A/s$$

b) لحظة بلوغ التيار 80% من مقداره الثابت فان :

$$V_{applid} = \varepsilon_{ind} + I_{ins} . R$$

$$100 = L\frac{\Delta I}{\Delta t} + 16 \times 5$$

$$100 = 0.2\frac{\Delta I}{\Delta t} + 80$$

$$100 - 80 = 0.2\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{20}{0.2} = \frac{200}{2} = 100\ A/s$$

c) لحظة بلوغ التيار مقداره الثابت فان :

$$I_{ins} = I_{const} = 20\ A$$

$$V_{applid} = \varepsilon_{ind} + I_{ins} . R$$

$$100 = L\frac{\Delta I}{\Delta t} + 20 \times 5$$

$$100 - 100 = 0.2\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$0.2\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{0}{0.2} = 0$$

d) لحظة بلوغ القوة الدافعة الكهربائية 40% من الفولطية المطبقة فان :

$$\varepsilon_{ind} = 40\%\ V_{app}$$

$$L\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{40}{100} \times 100$$

$$0.2\,\frac{\Delta I}{\Delta t} = \mathbf{40}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{40}{0.2} = \frac{400}{2} = 200\ A/s$$

e) لحظة بلوغ التيار الآني (15A) فان :

$$V_{applid} = \varepsilon_{ind} + I_{ins}\,.\,R$$

$$100 = L\,\frac{\Delta I}{\Delta t} + 15 \times 5$$

$$100 - 75 = 0.2\,\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$25 = 0.2\,\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{25}{0.2} = \frac{250}{2} = 125\ A/s$$

مثال (واجب)/ ملف معامل حثه الذاتي 0.5H ومقاومته 12Ω ربط بين طرفي بطارية فرق جهدها 60V احسب : 1- المقدار الأعظم للتيار المار في الملف .

2- المعدل الزمني لتغير التيار المار في الملف في الحالات الآتية :

a- لحظة غلق الدائرة .

b- لحظة بلوغ التيار 60% من مقداره الثابت . c– لحظة بلوغ القوة الدافعة المحتثة نسبة 80% من الفولطية المطبقة . d– لحظة بلوغ التيار مقداره الثابت .

e - لحظة بلوغ التيار 4A .

الجواب :

مثال وزاري (واجب) : ملف مقاومته (12Ω) وكانت الفولطية الموضوعة في دائرته (240V) والطاقة المغناطيسية المختزنة في فيه (360J) . احسب مقدار :

1- معامل الحث الذاتي للملف .

2- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف لحظة غلق الدائرة .

3- المعدل الزمني لتغير التيار لحظة ازدياد التيار في الدائرة الى 80% من مقداره الثابت .

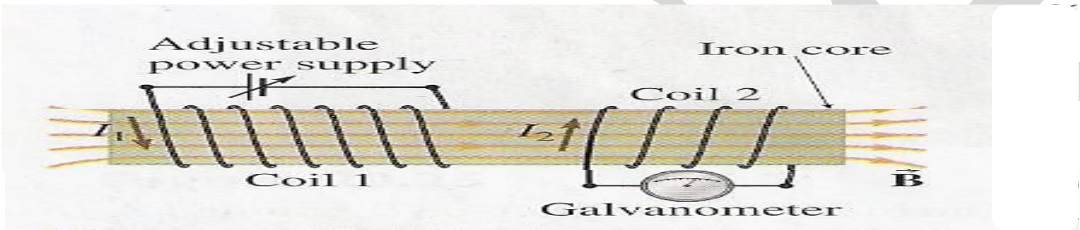
الجواب :

ظاهرة الحث المتبادل

هي ظاهرة توليد تيار محتث على طرفي ملف نتيجة تغير التيار المار في ملف آخر مجاور له أو يمر بداخله .

$\varepsilon_{ind(2)} = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

حيث : $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ = المعدل الزمني لتغير التيار المار في الملف الابتدائي .
$\varepsilon_{ind(2)}$ = القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على طرفي الملف الثانوي ،
M= معامل الحث المتبادل بين الملفين .



س/ أثبت أن : $\varepsilon_{ind(2)} = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ ؟

ج/ بما أن وشيجة الفيض المغناطيسي في الملف الثانوي ($N_2 \phi_{B2}$) تتناسب طردياً مع التيار المار في الملف الابتدائي I_1 :

$N_2 \phi_{B2} \;\alpha\; I_1$

$\therefore N_2 \Delta\phi_{B2} = M \Delta I_1$

إذن: $N_2 \Delta\phi_{B2} = M \Delta I_1 \;\} \div \Delta t$

$N_2 \frac{\Delta\phi_{B2}}{\Delta t} = M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

وبما : $\varepsilon_{ind2} = -N\frac{\Delta\phi_{B2}}{\Delta t}$

$\therefore -\varepsilon_{ind2} = M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

$\therefore \varepsilon_{ind2} = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

والإشارة السالبة تعني أن ε_{ind2} تعاكس المؤثر الذي ولّدها $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ طبقاً لقانون لنز .

ε_{ind2} = القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف الثانوي
M = معامل الحث المتبادل بين الملفين
$\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ = المعدل الزمني لتغير التيار في الملف الابتدائي

معامل الحث المتبادل(M) : هو النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة في ملف والمعدل الزمني لتغير التيار المار في الملف المجاور ويقاس بـ Henry .

$M = -\frac{\varepsilon_{ind2}}{\frac{\Delta I_1}{\Delta t}}$

س/ ما هي العوامل التي يعتمد عليها معامل الحث المتبادل بين الملفين ؟

ج/ a) ثوابت الملفين L_1 , L_2
b) وضعية الملفين و الفاصلة بينهما .

س/ على ماذا يعتمد معامل الحث المتبادل بين ملفين بينهما تواشج مغناطيسي تام ؟
ج/ على ثوابت الملفين L_1 , L_2 فقط .

ملاحظة في حالة التو اشج المغناطيسي التام فإن: $M = \sqrt{L_1 . L_2}$

س/2 علل ذلك :-
2- اذا تغير تيار كهربائي ينساب في أحد ملفين متجاورين يتولد تيار محتث في الملف الاخر ، علل ؟
ج/ على وفق ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين متجاورين فإذا تغير التيار المنساب في الملف الابتدائي سيتغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن $\frac{\Delta\phi_{B2}}{\Delta t}$ وعلى وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي فتتولد في الملف الثانوي $\therefore \varepsilon_{ind2} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

س/ وضح كيفية استثمار ظاهرة الحث المتبادل في استعمال جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ .
ج/ يسلط تيار متغير مع الزمن على الملف الابتدائي الذي يمسك على منطقة دماغ المريض مولدة قوة دافعة كهربائية محتثة فيه . وهي بدورها تولد تياراً محتثاً يشوش الدوائر الكهربائية في الدماغ وبهذه الطريقة تتم معالجة بعض أعراض الأمراض النفسية كالكآبة .

ملاحظات حول مسائل الحث المتبادل

a) لإيجاد وشيجة الفيض المغناطيسي في الملف الثانوي$(N_2\, \phi_{B2})$ أو الفيض المغناطيسي الذي يخترق لفه واحده من الملف الثانوي(ϕ_{B2}) :
$$N_2\, \phi_{B2} = M\, I_1 \quad , \quad \phi_{B2} = \frac{M\, I_1}{N_2}$$

b) لإيجاد التغير في وشيجة الفيض المغناطيسي للملف الثانوي $(N_2\, \Delta\phi_{B2})$ أو التغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق لفه واحده من الملف الثانوي$(\Delta\phi_{B2})$:
$$N_2\, \Delta\phi_{B2} = M\, \Delta I_1 \quad , \quad \Delta\phi_{B2} = \frac{M\, \Delta I_1}{N_2}$$

c) لإيجاد المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي في الملف الثانوي $\frac{\Delta\phi_{B2}}{\Delta t}$ أو المعدل الزمني لتغير التيار في الملف الابتدائي $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$:
$$N_2 \frac{\Delta\phi_{B2}}{\Delta t} = M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

d) يمكن حساب المعدل الزمني لتغير التيار في الملف الابتدائي عن طريق تطبيق ظاهرة الحث الذاتي :
$$V_{applid} = L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} + I_{ins} R$$

e) لإيجاد معامل الحث المتبادل بين ملفين بينهما تواشج مغناطيسي تام:
$$M = -\frac{\varepsilon_{ind2}}{\frac{\Delta I_1}{\Delta t}} \;,\; M = \sqrt{L_1 . L_2}$$

f) في حالة غلق دائرة الملف الابتدائي تكون كل من ε_{ind2} , ε_{ind} ذوات قيم سالبة .

مثال (5) / ملفان متجاوران ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع ربط بين طرفي الملف الابتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها (100 V) ومفتاح على التوالي فاذا كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.5H) ومقاومته (20Ω) احسب مقدار :

1- المعدل الزمني لتغير التيار المار في الملف الابتدائي لحظة غلق الدائرة .

2- معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها(40V) لحظة أغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي .

3- التيار الثابت المنساب في دائرة الملف الابتدائي بعد اغلاق الدائرة .

4- معامل الحث الذاتي للملف الثانوي .

الجواب :

1- في دائرة الملف الابتدائي لدينا العلاقة :

$$V_{applid} = L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} + I_{ins} R$$

يكون ($I_{ins} = 0$) لحظة غلق الدائرة :

$$100 = 0.5 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} + 0 \times 20$$

$$0.5 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 100$$

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{100}{0.5} = \frac{1000}{5} = 200 \text{ A/s}$$

2- لحساب معامل الحث المتبادل بين الملفين لدينا العلاقة :

$$\varepsilon_{ind2} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

الدائرة في حالة اغلاق لذا تكون ε_{ind2} سالبة :

$$-40 = -M \times 200$$

$$M = \frac{40}{200} = \frac{20}{100} = 0.2 \text{ H}$$

3- لحساب التيار الثابت :

$$I_{const} = \frac{V_{applid}}{R} = \frac{100}{20} = 5 \text{ A}$$

4- بما أن الترابط مغناطيسي تام فإن :

وبتربيع الطرفين

$$M = \sqrt{L_1 . L_2}$$

$$0.2 = \sqrt{0.5 \times L_2}$$

$$0.04 = 0.5 L_2$$

$$L_2 = \frac{0.04}{0.5} = \frac{4 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-1}} = 0.8 \times 10^{-1} = 0.08 \text{ H}$$

س (5) / ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام ، كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.4 H) ومقاومته (16 Ω) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي (0.9 H) . الفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي (200V) ، احسب مقدار : التيار الآني المار في دائرة الملف الابتدائي لحظة ازدياد التيار الى (80%) من مقداره الثابت ، والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف الثانوي في تلك اللحظة .

الجواب :

بما ان التيار الآني يعادل (80%) من التيار الثابت فان :

$$I_{ins} = 80\% \times I_{const.}$$

$$I_{ins} = \frac{80}{100} \times \frac{V_{app}}{R} = \frac{80}{100} \times \frac{200}{16} = 10 \text{ A}$$

لحساب القوة الدافعة المحتثة على طرفي الملف الثانوي نجد أولا معامل الحث المتبادل :

$$M = \sqrt{L_1 . L_2}$$

$$M = \sqrt{0.4 \times 0.9} = \sqrt{0.36} = 0.6 \text{ H}$$

ثم نجد $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ في الملف الابتدائي من قوانين الحث الذاتي :

$$V_{applid} = L_1 \frac{\Delta I_1}{\Delta t} + I_{ins} R$$

$$200 = 0.4 \times \frac{\Delta I_1}{\Delta t} + 10 \times 16$$

$$200 - 160 = 0.4 \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{40}{0.4} = \frac{400}{4} = 100 \text{ A/s}$$

الآن نطبق قانون الحث المتبادل بين الملفين :

$$\varepsilon_{ind2} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

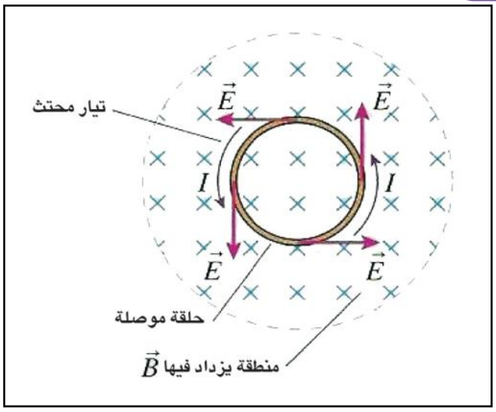
$$\varepsilon_{ind2} = -0.6 \times 100 = -60V$$

مثال (وزاري): ملفان متجاوران ملفوفان حول حلقة مغلقة من الحديد المطاوع ربط بين طرفي الملف الابتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها (80 V) ومفتاح على التوالي فاذا كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.4H) ومقاومته (16Ω) حسب مقدار : 1) المعدل الزمني لتغير التيار المار في الملف الابتدائي لحظة غلق الدائرة . 2) معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي الملف الثانوي مقدارها (50V) لحظة غلق دائرة الملف الابتدائي .

المجالات الكهربائية المحتثة

س5/ ما المقصود بالمجالات الكهربائية غير المستقرة ؟

ج/ هي المجالات التي تنشأ بوساطة التغيرات الحاصلة في المجال المغناطيسي(كما يحصل في تولد الموجات الكهرومغناطيسية في الفراغ) وتكون باتجاهات مماسيه للدائرة.



س/ كيف تنشأ التيارات الكهربائية المحتثة ؟

ج/ تنشأ بواسطة تغيرات الفيض المغناطيسي مع الزمن .

ملاحظة

1) إن المجال الكهربائي المتغير مع الزمن يولد حوله مجالاً مغناطيسياً متغيراً مع الزمن عمودياً عليه ومتفقاً معه في الطور .

2) إن المجال المغناطيسي المتغير مع الزمن يولد حوله مجالاً كهربائياً متغيراً مع الزمن عمودياً عليه ومتفقاً معه في الطور .

س/ ما هو المسؤول عن حركة الشحنات الحرة داخل حلقة موصلة في الحالات الآتية :

1) عندما تتحرك داخل مجال مغناطيسي منتظم . 2) توضع داخل مجال مغناطيسي متغير مع الزمن .

ج/ 1) القوة المغناطيسية . 2) المجالات الكهربائية المحتثة .

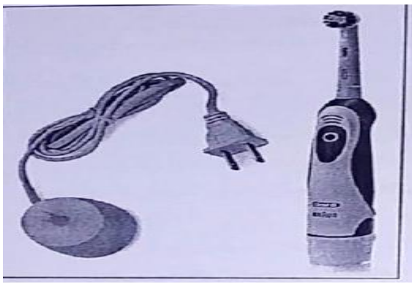
س/ وضح أهم التطبيقات العملية للمجالات الكهربائية المحتثة ؟

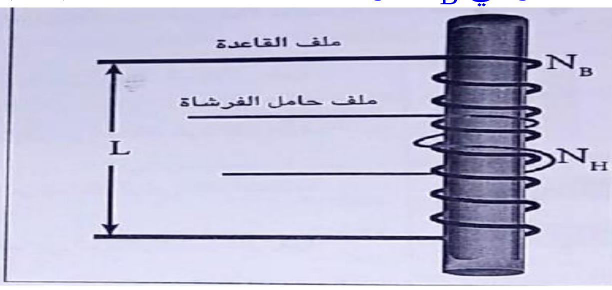
ج/

1- بطاقة الائتمان : عند تحريك بطاقة الائتمان (خزن المعلومات) الممغنطة أمام ملف سلكي يستحث تيار كهربائي ثم يضخم هذا التيار ويحول إلى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات .

2- القيثار الكهربائي : أوتار القيثار الكهربائي المعدنية(فهي مصنوعة من مواد فيرو مغناطيسية) تتمغنط في أثناء اهتزازها بوساطة ملفات سلكية يحتوي كل منها بداخله ساقا مغناطيسية، توضع هذه الملفات في مواضع مختلفة تحت الأوتار المعدنية للقيثار الكهربائي وعندما تهتز هذه الأوتار ستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الأوتار .ثم يوصل إلى المضخم .

3- فرشاة الأسنان : صممت فرشاة الأسنان لتكون لها قاعدة تمسك بها وحامل تحمل عليه ، تستخدم ظاهرة الحث المتبادل بين ملف لولبي عدد لفاته N_B كجزء من دائرة شحن البطارية يوجد في قاعدة الفرشاة ويلف حول مركزه ملف آخر عدد لفاته N_H يوجد في حامل الفرشاة وبعد وضع الفرشاة على الحامل ينشأ تيار متغير في الملف اللولبي N_B بواسطة الحث المتبادل حيث يعمل هذا التيار على شحن البطارية .

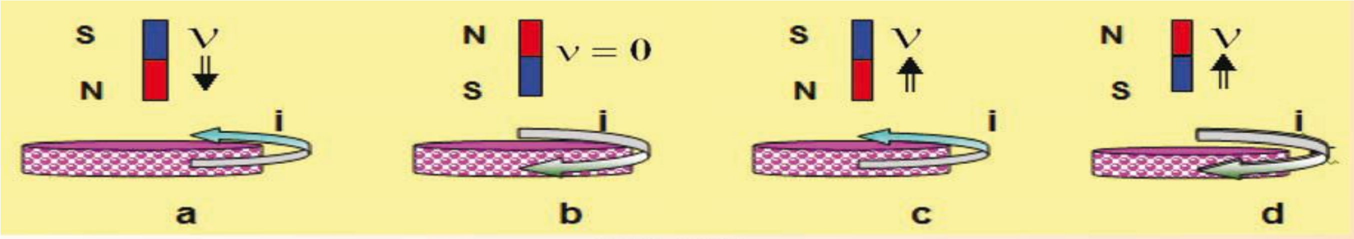




حل أسئلة الفصل الثاني

س 1/ اختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي :

1- أي من الأشكال الآتية تبين فيه الاتجاه الصحيح للتيارات المحتثة في الحلقة الموصلة :

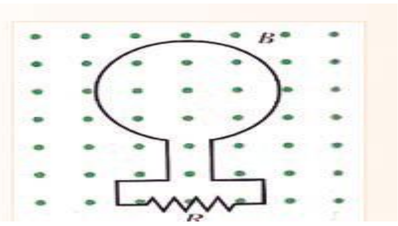


الشكل (65)

الجواب : a .

التوضيح : بما أن القطب المقترب هو شمالي فان وجه الحلقة القريب (العلوي) يكون شمالي أيضا فيتولد تيار محتث معاكس لحركة عقارب الساعة .

2- في الشكل الآتي حلقة من النحاس وضعت في مستوى الورقة وموصولة مع المقاومة R سلط مجال مغناطيسي باتجاه عمودي على مستوى الورقة نحو الخارج فأي الاحتمالات الآتية ينساب فيه تيار محتث في المقاومة R اتجاهه من اليسار الى اليمين :



a- عند تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .

b- عند تناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .

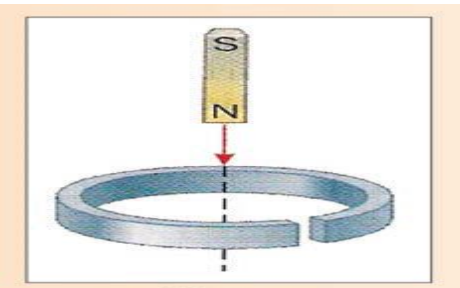
c- عند ثبوت الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .

d- جميع الاحتمالات المذكورة آنفاً .

الجواب : (b) .

التوضيح : عند تناقص الفيض المغناطيسي الخارجي يتولد تيار محتث في الحلقة باتجاه معاكس لاتجاه حركة دوران عقارب الساعة (من اليسار الى اليمين في المقاومة R) بحيث أن مجاله المحتث يكون باتجاه المجال الخارجي (نحو الخارج) لكي يعوض التلاشي في الفيض الخارجي .

3- عند سقوط ساق مغناطيسية خلال حلقة من الالمنيوم غير مقفلة موضوعة أفقياً تحت الساق :



الشكل (68)

a- تتأثر الساق بقوة تنافر أثناء اقترابها من الحلقة ، ثم تتأثر بقوة تجاذب أثناء ابتعادها عن الحلقة .

b- تتأثر الساق بقوة تجاذب أثناء اقترابها من الحلقة ، ثم تتأثر بقوة تنافر أثناء ابتعادها عن الحلقة .

c- لا تتأثر الساق بقوة في أثناء اقترابها من الحلقة ، أو في حالة ابتعادها عن الحلقة .

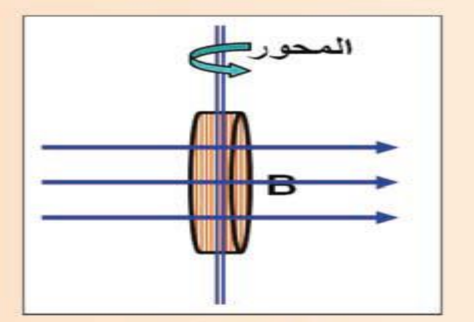
d- تتأثر الساق بقوة تنافر أثناء اقترابها من الحلقة وتتأثر بقوة تنافر أثناء ابتعادها عن الحلقة .

الجواب : (c) .

التوضيح : بما ان الحلقة مفتوحة فلا يمكن أن يتولد تيار محتث في الدوائر المفتوحة وبذلك لا يتولد مجال مغناطيسي محتث ولا تتأثر الحلقة بأية قوة تذكر .

4- عندما يدور ملف دائري حول محور موازي لمستواه داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه منتظمة $\vec{B}$ أفقية يولد أعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة ε_{max} . وعند زيادة عدد لفات الملف الى ثلاثة أمثال ما كانت عليه وتقليل قطر الملف الى نصف ما كان عليه ومضاعفة التردد الزاوي للملف فان المقدار الأعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة سيكون :

a- $(3/2)\ \varepsilon_{max}$.
b- $(1/4)\ \varepsilon_{max}$.
c- $(1/2)\ \varepsilon_{max}$.
d- $(3)\ \varepsilon_{max}$.



الشكل (70)

الجواب : (a) .

التوضيح : $N' = 3\ N\ ,\ r' = \frac{1}{2} r\ ,\ \omega' = 2\ \omega$

$\varepsilon'_{max} = N'\ B\ A'\ \omega'$

$= (3\ N)\ B\ (\pi\ r'^2)\ (2\ \omega)$

$= 6\ N\ B\ \pi\ (\frac{1}{2} r)^2\ \omega$

$= 6\ N\ B\ \frac{1}{4}\ (\pi\ r^2)\ \omega$

$= \frac{3}{2} N\ B\ A\ \omega = \frac{3}{2}\ \varepsilon_{max}$

5- تتحقق ظاهرة الحث الذاتي في ملف عندما :

a- تسحب ساقا مغناطيسية بعيدا عن جوف الملف .
b- يوضع هذا الملف بجوار ملف آخر ينساب فيه تيار كهربائي متغير المقدار مع الزمن .
c- ينساب في هذا الملف تيار متغير المقدار مع الزمن .
d- تدوير هذا الملف داخل مجال مغناطيسي منتظم .

الجواب : (c) .

التوضيح : تسمى هذه الظاهرة بالحث الذاتي .

6- مقدار القوة الدافعة المحتثة على طرفي ساق موصلة تتحرك داخل مجال مغناطيسي في حالة سكون لا يعتمد على

a– طول الساق .
b- قطر الساق .
c- وضعية الساق نسبة للملفين .
d- كثافة الفيض المغناطيسي .

الجواب : (b) .

7- وحدة قياس كثافة الفيض المغناطيسي هي :

a- waber b- Waber/s c- Waber/m^2 d- Waber . s

الجواب : (c) .

التوضيح : من العلاقة : $\varnothing_B = B\ A \cos\theta$ فإن: $B = \frac{\varnothing}{A} = \frac{waber}{m^2}$

8- معامل الحث الذاتي لملف لا يعتمد على :
a- عدد لفات الملف .
b- الشكل الهندسي للملف .
c- المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف .
d- النفوذية المغناطيسية للوسط في جوف الملف .
الجواب : (c)

س 10 / ما لكميات التي تقاس بالوحدات الآتية :

a- Waber b- Waber/ m^2 c- Waber/s d- Tesla e- Henry

الجواب :
a- الفيض المغناطيسي $\emptyset_B$ يقاس بوحدة Waber .
b- كثافة الفيض المغناطيسي B تقاس بوحدة Waber/ m^2 .
c- المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي $\frac{\Delta\emptyset_B}{\Delta t}$.
d- كثافة الفيض المغناطيسي B تقاس بوحدة Tesla.
e- معامل الحث الذاتي L أو معامل الحث المتبادل M يقاس بوحدات Henry .

مسائل إثرائية

س1) طائرة تطير في الجو بصورة أفقية لتقطع 225 Km خلال ربع ساعة فإذا كانت المركبة الشاقولية للمجال المغناطيسي الأرضي 0.4×10^{-4} T تولدت على طرفي جناحيها 0.8 V ، 1) كم هو البعد بين طرفي الجناحين 2) لو استعملت هذه الفولطية لتشغيل مصباح التحذير الأحمر في الطائرة الذي قدرته 10 mW، احسب مقاومة المصباح . ج (80m ,0.64Ω)

س2) لفة موصلة دارت داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (1/π T) وبسرعة زاوية (4π rad/ s) فتولدت على طرفيها قوة دافعة كهربائية محتثة عظمى مقدارها 0.1V ، ولو دار ملف يتألف من عدة لفات مماثلة لتلك اللفة بنفس السرعة في نفس المجال المغناطيسي لتولدت قوة دافعة كهربائية عظمى (5V) . 1) جد عدد لفات الملف . 2) مساحة اللفة الواحدة .
ج (50 , 2.5×10^{-2} m^2) .

س3) ملف عدد لفاته 20 لفه موضوع بصورة عمودية داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه 0.8 T فإذا تلاشى هذا الفيض المغناطيسي خلال 0.4 s تولدت على طرفيه قوة دافعة كهربائية محتثة مقدارها 4 V ، جد مساحة اللفة الواحدة . ج ($0.01m^2$) .

س4) ملفان متجاوران لهما قلب مشترك عدد لفات الملف الثانوي 200لفه فإذا تغير التيار المار في الملف الابتدائي من 8A إلى 3A خلال نصف ثانية كان معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الملف الثانوي 20 mV .فما مقدار :

a) معامل الحث المتبادل بين الملفين . b) تغير الفيض المغناطيسي في الملف الثانوي .c) التغير في وشيجة الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف الثانوي .

ج (0.002 H , -5×10^{-5} wb ,-0.01 wb)

س6) ملف معامل حثه الذاتي 0.2 H وعدد لفاته 400 لفه ومقاومته 4Ω طبقت عليه فولطية مستمرة مقدارها 8V ، 1- جد المعدل الزمني لتغير التيار والفيض المغناطيسي في الحالات الآتية :

a) لحظة غلق الدائرة . ج (40 A/s , 0.02 wb/s)

b) عند بلوغ التيار مقداره الثابت . ج (0 , 0)

c) عندما يبلغ التيار 75%من مقداره الثابت . ج (10 A/s , 5×10^{-3} wb/s)

d) عندما يبلغ التيار 1A ج (20A/s , 0.01 wb/ s)

2- احسب المقدار الثابت للتيار . ج (2A)

س9) ملفان متجاوران ملفوفان حول قلب مشترك من الحديد المطاوع ربط الملف الابتدائي مع بطاريه فرق جهدها الكهربائي 60V وكان معامل حثه الذاتي 0.4 H وعامل الحث الذاتي للملف الثانوي 0.9H، ربط الملف الثانوي مع مصباح مقاومته 10Ω جد التيار المار في المصباح : 1) لحظة غلق دائرة الابتدائي 2) لحظة بلوغ التيار مقداره الثابت . 3) لحظة بلوغ التيار 70%من مقداه الثابت . 4) لحظة بلوغ القوه الدافعة الكهربائية المحتثة المتولدة على طرفي الابتدائي 70% من الفولطية المطبقة .

ج(9A ,0 , 2.7A , 6.3 A)

س10) ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام ربط الملف الابتدائي الى طرفي بطاريه وكان معامل حثه الذاتي 0.2H ومقاومته 5Ω وربط الملف الثانوي مع مصباح مقاومته 20Ω وكان معامل حثه الذاتي 0.8H فلو مر تيار كهربائي مقداره 4A في المصباح لحظة غلق دائرة الابتدائي ، أحسب فرق جهد البطارية .

ج(40V)

س11) ملفان متجاوران بينهما تواشج تام ربط الملف الابتدائي مع بطاريه فرق جهدها 180V وكان معامل الحث المتبادل بين الملفين 0.9H تولدت قوه افعه كهربائية محتثة على طرفي الملف مقدارها 90V لحظة غلق دائرة الابتدائي أحسب ثوابت الملفين .

ج(1.8H , 0.45H)

س12) ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام ، معامل المتبادل بين الملفين 0.2H ، طبقت فولطية مستمرة على طرفي الملف الابتدائي فاصبح المعدل الزمني لتغير التيار المار فيه 400A/s لحظة وصول التيار فيه الى 20% من مقداره الثابت . ما مقدار القوة الدفعة الكهربائية المحتثة لحظة تسليط الفولطية .



الفصل الثالث

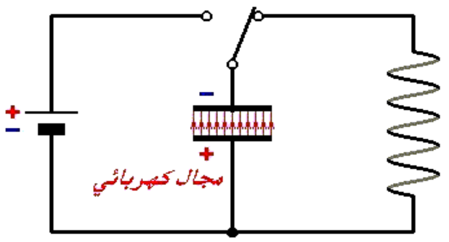
دوائر التيار المتناوب

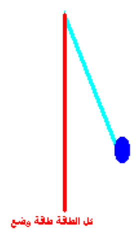
إعداد وتدريس

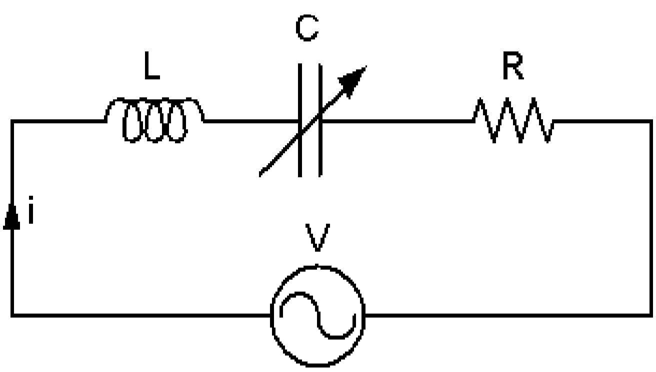
بهاء الفتلاوي

اعدادية العزة للبنين

2015





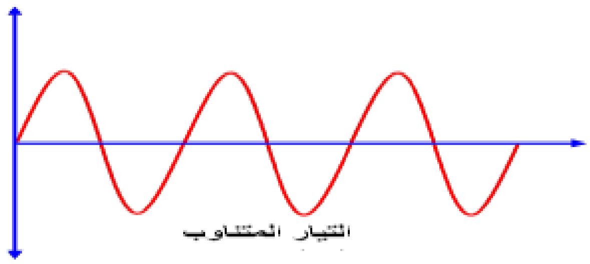


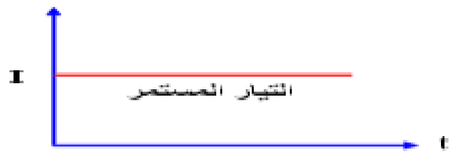
الفصل الثالث

((التيار المتناوب))

التيار المستمر (I_{dc}) :- هو التيار المنساب في الدوائر الكهربائية المغلقة باتجاه واحد ويكون بمقدار ثابت مع الزمن كالتيار الخارج من البطارية .

التيار المتناوب (I_{ac}) :- هو تيار متغير دورياً مع الزمن وينعكس اتجاهه مرات عديدة في الثانية الواحدة كالتيار الخارج من مولد التيار المتناوب





س/ علل، يجب أن لا يقل تردد التيار المتناوب عن 50HZ بحيث ينعكس اتجاهه 100 مرة في الثانية الواحدة ؟

ج/ لكي يكون التغير في ضوء المصابيح غير مؤذٍ للعين .

س/ علل ، يفضل استعمال التيار المتناوب في الدوائر الكهربائية .

ج/ a- لسهولة نقله إلى مسافات بعيدة بأقل خسائر ممكنة .

b- إمكانية تطبيق قانون فرداي في الحث الكهرومغناطيسي .

س/ علل، تستعمل المحولات الكهربائية في رفع أو خفض الفولطية المتناوبة في شبكات توزيع القدرة الكهربائية ؟

ج/ لأن أساس عمل المحولة الكهربائية هو ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي الناتجة عن تغير التيار مع الزمن .

س/ كيف ترسل القدرة الكهربائية إلى مسافات بعيدة ؟ وما هو السبب وراء ذلك ؟

ج/ ترسل بفولطيات عالية وتيار واطئ لغرض تقليل خسائر القدرة في الأسلاك الناقلة (I^2R) والتي تظهر بشكل حرارة .

س/ ما هو نوع المحولات المستعملة في مناطق توليد الطاقة الكهربائية وما هو نوع المحولات المستعملة في مناطق الاستهلاك ؟

ج/ في مناطق التوليد تستعمل محولات رافعة الفولطية خافضة للتيار وفي مناطق الاستهلاك تستعمل محولات خافضة الفولطية رافعة للتيار .

دوائر التيار المتناوب

ملاحظة

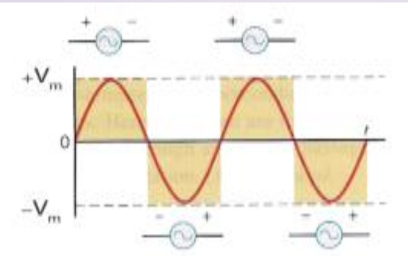
a) عند دوران ملف في مجال مغناطيسي منتظم نحصل على فولطية متناوبة جيبية الموجة تعطى بالعلاقة الآتية : $V = V_m \sin(\omega t)$

الفولطية المحتثة الآنية (اللحظية) = V

المقدار الأعظم للفولطية (ذروة الفولطية) = V_m

زاوية الطور(المحصورة بين الفيض المغناطيسي والعمود على الملف) = ωt

b) يتغير مقدار الفولطية الآنية (V) وينعكس دورياً مع الزمن بين ($+V_m$) و ($-V_m$) مرتين في الدورة الواحدة .



c) يعطى التردد الزاوي ω بالعلاقة الآتية : $\omega = 2\pi f$ حيث أن :

تردد التيار و الفولطية = f

أي أن : $V = V_m \sin(2\pi f t)$

d) يعطى التيار المتناوب المار في الحمل الخارجي الذي يتألف من مقاومة صرف بالعلاقة الآتية :

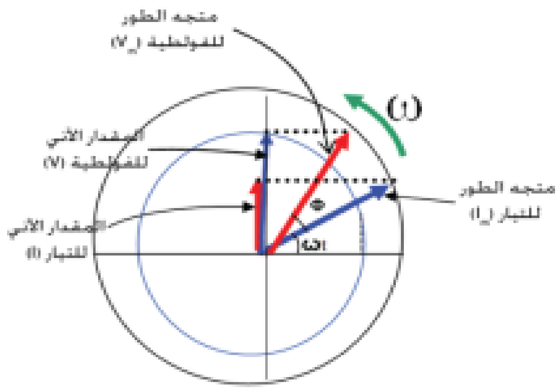
$I = I_m \sin(\omega t)$

$I = I_m \sin(2\pi f t)$

حيث أن (I) هو المقدار الآني للتيار و I_m هو المقدار الأعظم للتيار (ذروة التيار)

متجه الطور (المتجه الدوار)

مميزاته



1) طول متجه طور الفولطية يمثل المقدار الأعظم للفولطية (V_m) و طول متجه طور التيار يمثل المقدار الأعظم للتيار (I_m) .

2) مسقط متجه طور الفولطية على محور Y يمثل المقدار الآني للفولطية V ومسقط متجه طور التيار على محور Y يمثل المقدار الآني للتيار I

3) في بداية الحركة يكون متجه الطور منطبقاً مع محور X الأفقي .

4) إذا أنطبق متجه طور التيار مع متجه طور الفولطية فإن زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار تساوي صفراً ($\phi = 0$) أي أن الفولطية والتيار يتغيران بطور واحد.

5) إذا احتوت الدائرة الكهربائية على ملف أو متسعة أو كليهما فإن متجهات طور الفولطية والتيار لا يتطابقان .

6) تقاس كل من زاوية الطور (ωt) وزاوية فرق الطور (ϕ) بالدرجات الستينية .

الطور: هو الحالة الحركية للجسم المهتز من حيث الموضع واتجاه الحركة .

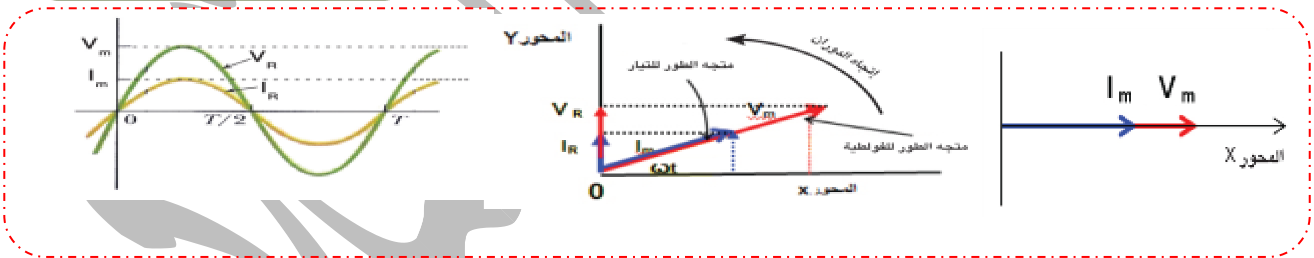
فرق الطور : هو التغير في الحالة الحركية للجسم المهتز بين لحظتين مختلفتين أو لجسمين مهتزين في اللحظة نفسها .

دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف

س/ ما هو شكل كل من الفولطية والتيار في دائرة المقاومة الصرف ؟ وضحهما بالرسم بيانياً و طورياً ؟

ج/ يكون كل منهما جيبي الموجة . حيث أن:

$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$
$$I_R = I_m \sin(\omega t)$$



المخطط الطوري للتيار و الفولطية

المخطط البياني للتيار و الفولطية

فكر/ ص96 ما قياس زاوية الطور (ωt) لكل من متجه الطور للفولطية (V_m) ومتجه الطور للتيار (I_m) في الحالة التي يكون عندها $V_R = V_m$ وكذلك يكون $I_R = I_m$ ؟ وضح ذلك.

ج/ عندما $V_R = V_m$ تكون زاوية الطور $\omega t = \pi / 2$.

لأن :

$$V_R = V_m \sin \omega t$$
$$V_m = V_m \sin\omega t$$
$$\sin\omega t = 1$$
$$\therefore \omega t = \pi / 2$$

وكذلك عندما يكون $I_R = I_m$ فإن زاوية الطور $\omega t = \pi / 2$.

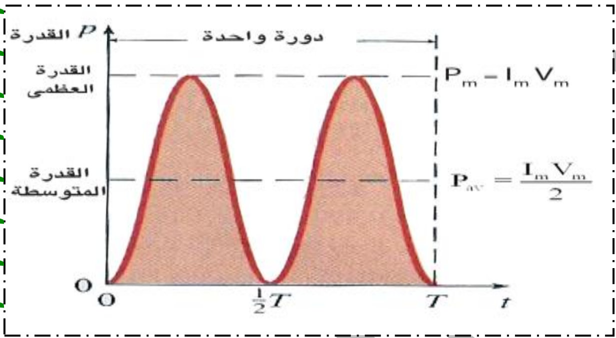
لأن :

$$I_R = I_m \sin \omega t$$
$$I_m = I_m \sin\omega t$$
$$\sin\omega t = 1$$
$$\therefore \omega t = \pi / 2$$

القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف

س/ أرسم مخطط بياني يوضح منحني القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ؟ ذاكراً مميزاته .

ج/ (التيار الأعظم = I_m ، الفولطية العظمى = V_m ، القدرة العظمى = P_m) $P_m = I_m . V_m$



مميزاته: -

a- يكون موجب دائماً .

b- يكون بشكل منحني جيب تمام (cosin)

c- معدله لا يساوي صفراً وإنما نصف قيمته العظمى .

$$P_{av} = \frac{1}{2} P_m$$

d- تردده ضعف تردد الفولطية والتيار .

س/ ماذا يعني لك أن منحني قدرة المقاومة الصرف يقع في الجزء الموجب دائماً ؟

أو: ما معنى أن معدل منحني قدرة المقاومة الصرف لا يساوي صفر ؟

ج/ هذا يعني أن القدرة تستهلك بأجمعها في المقاومة بشكل حرارة .

ملاحظة

القدرة الآنية $P = I_R . V_R$

القدرة المتوسطة $P_{av} = \frac{1}{2} P_m$

$P_{av} = \frac{1}{2} I_m . V_m$

المقدار المؤثر للتيار المتناوب (I_{eff})

س9(3) / ما المقصود بالمقدار المؤثر للتيار المتناوب ؟

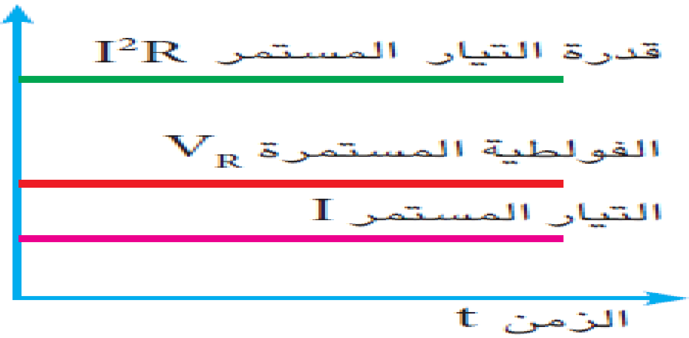
المقدار المؤثر للتيار المتناوب I_{eff} : وهو مقدار التيار المار في دائرة التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب خلال مقاومة معينه فإنه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها وللفترة الزمنية نفسها .

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707\ I_m$$

ملاحظة

a- القدرة الكهربائية المستمرة المستهلكة في المقاومة الصرف تكون ثابتة مع الزمن تعتمد على مربع التيار وفقاً للعلاقة : $P = I^2R$ كما في الشكل:

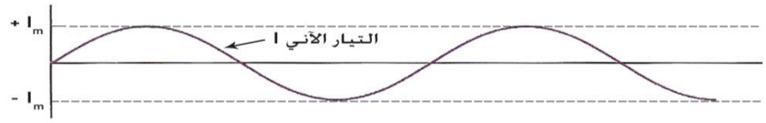
b- القدرة المتبددة في المقاومة الصرف لا تعتمد على اتجاه التيار .

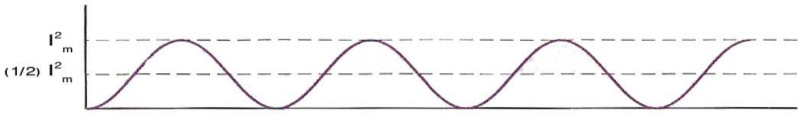


س/ ما هو شكل كل من منحني التيار المتناوب ، ومنحني مربع التيار ؟

ج/ منحني التيار المتناوب يكون جيبي الموجة يتغير بين $+I_m$ و $-I_m$

أما منحني مربع التيار فيكون بشكل منحني جيب تمام يتغير بين $(+I_m^2)$ والصفر.





س/ علل ، إن الحرارة المتبددة في دائرة المقاومة الصرف ثابتة الاتجاه مع الزمن و لا تعتمد على اتجاه التيار.

ج/ لأنها تعتمد على مربع التيار وفقاً للعلاقة $(P= I^2R)$ والذي يكون دائماً في الجزء الموجب .

س/ علل، تكون التأثيرات الناتجة عن التيار المتناوب تتغير دورياً مع الزمن بما فيها التأثيرات الحرارية (القدرة ألآنية) .

ج/ لأن تلك التأثيرات تعتمد على التيار المتناوب والذي يتغير بين $+I_m$ و $-I_m$ ومقداره عند أية لحظة قد لا يساوي المقدار الأعظم للتيار .

س/ س/ أثبت أن المقدار المؤثر للتيار I_{eff} يعطى بالعلاقة : $I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$.

ج/ بما أن :

$$P = I^2R$$

$$= [\ I_m^2 \sin^2(\omega t)\ ]\ R \qquad (\ IR = Im \sin \omega t\ )$$

وبما أن : معدل $\sin^2(\omega t)$ لعدد صحيح من الدورات يساوي نصف (1/2)

$$\sin^2(\omega t) = \frac{1}{2}$$

$$\therefore P_{av} = \frac{1}{2} I_m^2 R$$

وبما أن القدرة المستمرة

$$P_{dc} = I^2_{dc}\ R$$

وبما أن القدرة المتوسطة تساوي القدرة المستمرة في نفس المقاومة ولنفس الفترة $P_{dc} = Pav$

$\therefore I^2_{dc} \not{R} = \frac{1}{2} I^2_m \not{R}$

وبجذر الطرفين $I^2_{dc} = \frac{1}{2} I^2_m$

$\therefore I_{eff} = \sqrt{\frac{I^2_m}{2}}$ $\{ I_{eff} = I_{dc} \}$

$\therefore I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ أو $I_{eff} = \frac{I_m}{1.414}$ أو $I_{eff} = 0.707\ I_m$

س/ أثبت أن القيمة المؤثرة للفولطية تعطى بالعلاقة : $V_{eff} = 0.707\ V_m$.

ج/ بما أن :

$P = I^2R$

$= [\ I^2_m \sin^2(\omega t)\ ]\ R$ $(\ IR = Im \sin \omega t\ )$

وبما أن : معدل $\sin^2(\omega t)$ لعدد صحيح من الدورات يساوي نصف $(1/2)$ $\sin^2(\omega t) = \frac{1}{2}$

$\therefore P_{av} = \frac{1}{2} I^2_m R$

وبما أن القدرة المستمرة $P_{dc} = I^2_{dc} R$

وبما أن القدرة المتوسطة تساوي القدرة المستمرة في نفس المقاومة ولنفس الفترة $P_{dc} = Pav$

$\therefore I^2_{dc} \not{R} = \frac{1}{2} I^2_m \not{R}$

وبجذر الطرفين $I^2_{dc} = \frac{1}{2} I^2_m$

$\therefore I_{eff} = \sqrt{\frac{I^2_m}{2}}$ $\{ I_{eff} = I_{dc} \}$

$I_{eff} = 0.707\ I_m \quad \} \times R$

$R \times I_{eff} = 0.707\ I_m \times R$

$\therefore V_{eff} = 0.707\ V_m$ أو $V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ أو $V_{eff} = \frac{V_m}{1.414}$

ملاحظة مهمة **إذا أعطى مقدار التيار المتناوب أو مقدار الفولطية المتناوبة ولم يحدد نوعه في الدائرة فالمقصود به المقدار المؤثر (I_{eff}) و الفولطية المؤثرة (V_{eff}) .**

س/ ماذا تعني لك العبارة الآتية ((إن مقدار التيار المتناوب في الدائرة يساوي 1A)) ؟

ج/ تعني أن المقدار المؤثر للتيار يساوي 1A .

ملاحظة

a: إن مقاييس التيار المستمر تعمل على قياس المقدار المتوسط للتيار المستمر .

b: إن مقاييس التيار المتناوب و الفولطية المتناوبة تعمل على قياس المقدار المؤثر .

س/ علل، عند وضع مقاييس التيار المستمر في دائرة التيار المتناوب يقف مؤشرها عند تدريجة الصفر .

ج/ لأن مقاييس التيار المستمر تعمل على قياس متوسط التيار و الفولطية حيث أن معدل كل من التيار المتناوب و الفولطية المتناوبة يساوي صفراً .

فكر / ص98 يقول زميلك (إن التيار المؤثر يتذبذب كالدالة الجيبية) . ما رأيك في صحة ما قاله زميلك؟ وإذا كانت العبارة خاطئة كيف تصحح قوله؟

الجواب:

العبارة خاطئة. لأن المقدار المؤثر للتيار المتناوب هو مقدار التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب خلال مقاومة معينة فإنه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها وللفترة الزمنية نفسها

مميزات دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف

1. يكون شكل الفولطية والتيار المتناوب دالة جيبية دالة مع الزمن : الصيغ العامة في دائرة المقاومة الصرف

$$V_R = V_m \sin \omega t$$
$$I_R = I_m \sin \omega t$$

2. تسهلك فيها قدرة بالكامل بشكل حرارة .
3. التيار و الفولطية يتغيران بطور واحد ، أي أن زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار يساوي صفراً $(\phi=0)$
4. متوسط القدرة المستهلكة تساوي نصف القدرة العظمى . $P_{av} = \frac{1}{2} P_m$.
5. معدل كل من التيار والفولطية يساوي صفراً . $I_{av} = 0 , V_{av} = 0$.

ملاحظات حول مسائل دائرة المقاومة الصرف

✓ لحساب القدرة المستهلكة (القدرة المتوسطة) :

$P_{av} = \frac{V_{eff}^2}{R}$ أو
$P_{av} = I_{eff}^2 R$ أو
$P_{av} = I_{eff} V_{eff}$ أو
$P_{av} = \frac{1}{2} P_m$

✓ لحساب القدرة العظمى :

$P_m = 2 P_{av}$ أو
$P_m = I_m V_m$ أو
$P_m = I_m^2 R$ أو
$P_m = \frac{V_m^2}{R}$

✓ إذا ذكر أن التيار يتذبذب بين قيمتين $(+X \to -X)$ فإن : $I_m = X$ وكذلك الحال بالنسبة للفولطية .

✓ العلاقة بين التردد الزاوي (ω) و التردد (f) . حيث : $\omega = 2\pi f$.

مثال(1) : مصدر للفولطية المتناوبة ، ربط بين طرفيه مقاومة صرف ($R = 100\Omega$) الفولطية في الدائرة تعطى بالعلاقة الاتية : $V_R = 424.2 \sin(\omega t)$

احسب :

1) المقدار المؤثر للفولطية .

2) المقدار المؤثر للتيار .

3) مقدار القدرة المتوسطة .

الجواب :

لدينا العلاقة العامة للفولطية في دائرة المقاومة الصرف : $V_R = V_m \sin\omega t$

وبالمقارنة بالمعادلة المعطاة في السؤال : $V_R = 424.2 \sin\omega t$

لذا فان : $V_m = 424.2\ V$

1- الآن لحساب المقدار المؤثر للفولطية لدينا العلاقة : $V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

$$V_{eff} = \frac{424.2}{1.414} = \frac{424.200}{1.414} = 300\ V$$

2- المقدار المؤثر للتيار :

$$I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{300}{100} = 3A$$

3- لحساب القدرة المتوسطة لدينا العلاقة : $P_{av} = I_{eff}\ V_{eff}$

$$P_{av} = 3 \times 300 = 900\ \text{watt}$$

س(1) / مصدر فولتيه متناوبه ، ربطت بين طرفيه مقاومه صرف مقدارها 250Ω،فرق الجهد بين طرفي المصدر يعطى بالعلاقة التالية : $V_R = 500 \sin(200\pi t)$

1-اكتب العلاقة التي يعطى بها التيار في هذه العلاقة.

2-احسب المقدار المؤثر للفولتية والمقدار المؤثر للتيار.

3-تردد الدائرة والتردد الزاوي لهذه الدائرة.

الجواب :

1- لدينا العلاقة العامة للفولطية في دائرة المقاومة الصرف : $V_R = V_m \sin\omega t$

وبالمقارنة بالمعادلة المعطاة في السؤال : $V_R = 500 \sin 200\pi t$

لذا فان : $V_m = 500\ V$

نجد الآن المقدار الأعظم للتيار من قانون أوم :

$$I_m = \frac{V_m}{R} = \frac{500}{250} = 2\ A$$

نكتب العلاقة الآنية للتيار :

$$I_R = I_m \sin\omega t$$

$$I_R = 2 \sin 200\pi t$$

2- نجد الآن المقدار المؤثر للفولطية من العلاقة :

$$V_{eff} = 0.707\ V_m$$

$$V_{eff} = 0.707 \times 500 = 353.5\ V$$

ثم نجد المقدار المؤثر للتيار من العلاقة :

$$I_{eff} = 0.707\ I_m$$

$$I_{eff} = 0.707 \times 2 = 1.414\ A$$

3- بمقارنة المعادلة المعطاة بالمعادلة العامة للفولطية نجد التردد الزاوي للدائرة: $\omega = 200\pi$ rad/s

وبما أن : $\omega = 2\pi f$

$200\pi = 2\pi f$

تردد الدائرة $f = 100$ Hz

مثال : دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ترددها 150Hz وكانت الفولطية فيها تتراوح بين (+200V__ -200V) والتيار يتراوح بين ($+5\sqrt{2}$A __ $-5\sqrt{2}$A) احسب :

1- معدل التيار ومعدل الفولطية .

2- المقدار المؤثر للتيار والفولطية .

3- مقدار القدرة العظمى .

4- مقدار القدرة المتوسطة .

5- اكتب معادلة كل من الفولطية والتيار .

6- مقدار الفولطية الآنية والتيار الآني عند اللحظة ($\frac{1}{1800}s$) من الوضع الذي كان فيه مقداريهما يساوي صفراً .

الجواب : $V_m = 200$ V , $I_m = 5\sqrt{2}$ A

1- لحساب معدل الفولطية نستخدم العلاقة : $V_{avg} = \frac{(+V_m)+(-V_m)}{2} = \frac{(+200)+(-200)}{2} = 0$

لحساب معدل التيار المتناوب : $I_{avg} = \frac{(+I_m)+(-I_m)}{2} = \frac{(+5\sqrt{2})+(-5\sqrt{2})}{2} = 0$

2- لحساب المقدار المؤثر للتيار : $I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{5\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 5A$

لحساب المقدار المؤثر للفولطية : $V_{eff} = 0.707\, V_m = 0.707 \times 200 = 141.4$ V

4- لحساب القدرة المتوسطة : $P_{av} = I_{eff}\, V_{eff} = 5 \times 141.4 = 707$ V

3- لحساب القدرة العظمى لدينا العلاقة : $P_m = I_m . V_m = 5\sqrt{2} \times 200 = 1000\sqrt{2}$ Watt

5- لكتابة معادلة الفولطية لدينا : $V_R = V_m \sin(2\pi f t) = 200 \sin(2\pi \times 150\, t)$

$= 200 \sin(2\pi \times 150\, t)$

$V_R = 200 \sin(300\pi t)$

لكتابة معادلة التيار لدينا : $I_R = I_m \sin(\omega t) = 5\sqrt{2} \sin(300\pi t)$

6- لإيجاد الفولطية الآنية :

$V_R = 200 \sin(300\pi t) = 200 \sin(300\pi \times \frac{1}{1800})$

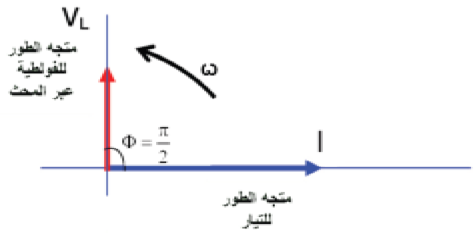
$V_R = 200 \sin(\frac{\pi}{6}) = 200 \times \sin(30) = 200 \times 0.5V = 100$ V

لإيجاد التيار الآني : $I_R = 5\sqrt{2} \sin(300\pi t) = 5\sqrt{2} \sin(300\pi \times \frac{1}{1800})$

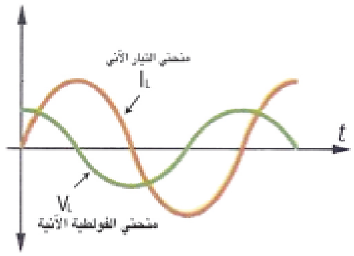
$I_R = 5\sqrt{2} \sin(\frac{\pi}{6}) = 5\sqrt{2} \sin(30) = 5\sqrt{2} \times 0.5 = 2.5\sqrt{2}$ A

دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف





المخطط الطوري (ألاتجاهي) لكل من التيار والفولطية في دائرة المحث الخالص



المخطط البياني لكل من التيار والفولطية في دائرة المحث الخالص

ملاحظة

متجه طور الفولطية في المحث الخالص يسبق متجه طور التيار بزاوية فرق بالطور مقدارها (90^o)أو ($\phi = \frac{\pi}{2}$) والصيغ العامة لكل منهما : . $V_L = V_m \cos(\omega t)$

الصيغة العامة لفولطية المحث الخالص $= V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

الصيغة العامة لتيار المحث الخالص $I_L = I_m \sin(\omega t)$

س/ ما لمقصود برادة الحث (X_L) ؟ وكيف تنشأ ؟ وعلى ماذا تعتمد ؟

ج/ هي المعاكسة التي يبديها الملف للتغير في التيار المار من خلاله وتنشأ نتيجة تولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي المحث بسبب تغير التيار المار خلاله تعمل على عرقلة ذلك التغير طبقاً لقانون لنز . وتعتمد على:

1-معامل الحث الذاتي للمحث (L) وتتناسب معه طردياً ($X_L \; \alpha \; L$) بثبوت الترددالزاوي للتيار(ω).

2-التردد الزاوي (ω) وتتناسب معه طرديا ($X_L \; \alpha \; \omega$) بثبوت معامل الحث الذاتي(L) .

$X_L = \omega L$ $\qquad$ $X_L = \frac{V_L}{I_L}$ $\qquad$ $X_L = 2\pi f L$

س2 / أثبت أن رادة الحث (X_L) تقاس بوحدة ohm .

ج/ $X_L = 2\pi f L = Hz . H = \frac{1}{s} . \frac{V . s}{A} = \frac{V}{A} = \Omega$

س/ أشرح نشاط (تجربة)يوضح تأثير تغير تردد التيار (f) في مقدار رادة الحث (X_L) .

الادوات :

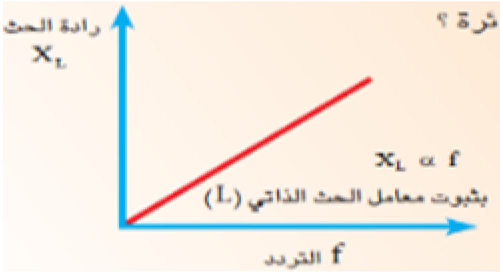
مذبذب كهربائي (مصدر فولطية متناوبة يمكن تغيير ترددها) أميتر ، فولطميتر ، ملف مهمل المقاومة (محث) مفتاح كهربائي .

الخطوات : ● نربط دائرة كهربائية كما في الشكل المجاور .

● نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي تدريجيا ً مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر) نلاحظ حصول نقصان قراءة الأميتر

الاستنتاج :

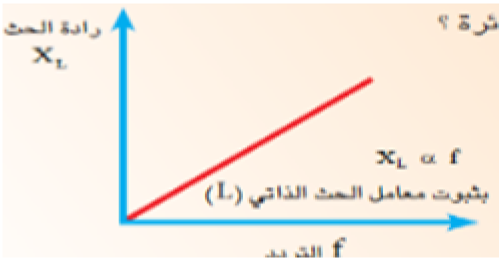
رادة الحث (X_L) تتناسب طردياً مع تردد التيار (f) بثبوت معامل الحث الذاتي (L) .





س3/ أرسم مخطط بياني يوضح العلاقة بين رادة الحث (X_L) وتردد التيار (f) .

ج/



ملاحظة بما أن رادة الحث تتناسب طردياً مع تردد التيار بثبوت معامل الحث الذاتي فإن

$X_L \alpha f$: بثبوت معامل الحث الذاتي (L) $\frac{X_{L1}}{X_{L2}} = \frac{f_1}{f_2}$

س/ اشرح نشاط يبين تأثير تغير معامل الحث الذاتي (L) في مقدار رادة الحث (X_L) .

الادوات :

مصدر فولطية ترددها ثابت ، قلب من الحديد المطاوع ، أميتر ، فولطميتر ، ملف مجوف مهمل المقاومة (محث) ، مفتاح كهربائي .

الخطوات :

- نربط دائرة كهربائية كما في الشكل المجاور .
- نغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الأميتر .
- ندخل قلب الحديد تدريجياً في جوف الملف مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية بين طرفي الملف ثابتاً(بمراقبة قراءة الفولطميتر) نلاحظ حصول نقصان قراءة الأميتر وذلك بسبب ازدياد مقدار رادة الحث (لان ادخال قلب الحديد في جوف الملف يزيد من معامل الحث الذاتي) .

الاستنتاج :

رادة الحث (X_L) تتناسب طردياً مع معامل الحث الذاتي (L) بثبوت تردد التيار (f) .





س/ أرسم مخطط بياني يوضح العلاقة بين رادة الحث (X_L) ومعامل الحث الذاتي (L) .

ج/



شكل (16)

ملاحظة بما أن رادة الحث تتناسب طردياً مع معامل الحث الذاتي للملف بثبوت تردد التيار فإن :

$X_L \alpha L$

$\frac{X_{L_1}}{X_{L_2}} = \frac{L_1}{L_2}$ بثبوت تردد التيار (f)

س/ كيف تفسر ازدياد مقدار رادة الحث بازدياد تردد التيار على وفق قانون لنز؟

ج/ إن ازدياد تردد التيار المناسب في الدائرة يؤدي الى ازدياد المعدل الزمني للتغير في التيار ($\Delta I / \Delta t$) فتزداد بذلك القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في المحث والتي تعمل على عرقلة المسبب لها ($\varepsilon_{ind} \propto -\frac{\Delta I}{\Delta t}$) وفق قانون لنز , أي تعرقل المعدل الزمني للتغير في التيار فتزداد نتيجة لذلك رادة الحث التي تمثل تلك المعاكسة التي يبديها المحث للتغير في التيار.

س/ ما هو الفرق الأساسي بين سلوك الملف في دوائر التيار المستمر وفي دوائر التيار المتناوب ؟

ج / في دوائر التيار المستمر يسلك الملف سلوك مقاومة صرف بسبب ثبوت التيار مع الزمن وانعدام القوة الدافعة الكهربائية مع الزمن أي غياب المعاكسة التي يبديها الملف للتيار (X_L) . أما في دوائر التيار المتناوب يسلك سلوك ممانعة (X_L) نتيجة تغير التيار مع الزمن وبالتالي توليد قوة دافعة كهربائية محتثة التي تعاكس التغير في التيار في ذلك الملف .

ملاحظة يعمل الملف عمل مقاومة صرف عند الترددات الواطئة جداً .
ويعمل الملف عمل مفتاح مفتوح عند الترددات العالية جداً .

س/ علل ، يعمل الملف عمل مقاومة صرف عند الترددات الواطئة جداً .

ج/ لأنه عند الترددات الواطئة جداً تقل رادة الحث بشكل كبير ($X_L \ \alpha f$) فيصبح الملف كسلك له مقاومة صرف .

س/ علل ، يعمل الملف عمل مفتاح مفتوح عند الترددات العالية جداً .

ج/ لأن زيادة التردد بشكل كبير يؤدي إلى زيادة رادة الحث بشكلٍ كبير ($X_L \ \alpha f$) مما يؤدي إلى نقصان التيار بحيث يمكن إهماله فيعمل الملف عمل مفتاح مفتوح .

س/ قارن بين الرادة الحثية لسلك نحاسي في الحالتين : a) بشكل مستقيم . b) بشكل ملف سلكي .

ج/ a) الرادة الحثية معدومة بسبب غياب معامل الحث الذاتي (غياب وشيجة الفيض المغناطيسي)
b) للملف رادة حثية تعتمد على معامل الحث الذاتي وتردد التيار المتناوب .

س/ ربط ملف على التوالي مع مصباح ومصدر تيار متناوب فتوهج المصباح بصورة طبيعية ، ماذا يحدث ؟ ولماذا ؟ لتوهج المصباح في الحالات الآتية :

a) سحب الملف من طرفه وجعله بهيئة سلك مستقيم .

b) ربط ملف آخر مع الملف الأول على التوالي .

ج/ a) يزداد توهج المصباح لأن معامل الحث الذاتي للملف يساوي صفر فتنعدم الرادة الحثية ويزداد التيار .

b) يقل توهج المصباح بسبب زيادة معامل الحث الذاتي مما يؤدي إلى زيادة رادة الحث ونقصان التيار .

س/ لف سلك نحاسي معزول حول ساق من الحديد وربط الملف المتكون على التوالي مع مصباح كهربائي ومصدر فولطية متناوبة ، ماذا يحدث لتوهج المصباح عند إخراج ساق الحديد من جوف الملف ؟

ج/ يزداد توهج المصباح بسبب نقصان رادة الحث مع نقصان معامل الحث الذاتي فيزداد التيار .

س/ ما هو الفرق بين المقاومة والرادة الحثية ؟

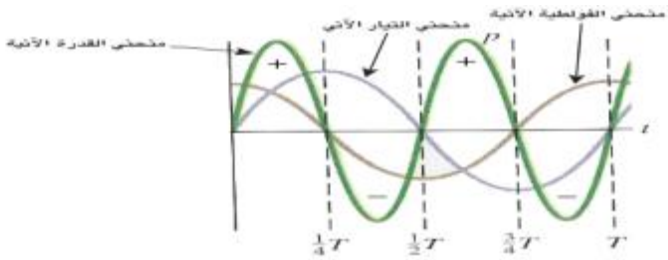
المقاومة R	رادة الحث X_L
1. تنشأ عن تصادم الشحنات المتحركة مع ذرات المادة .	1. تنشأ عن تولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي الملف تعرقل مرور التيار حسب قانون لنز .
2. تستهلك قدرة .	2. لا تستهلك قدرة .
3. لا تعتمد على التردد .	3. تعتمد على التردد $X_L \propto f$
4. تخضع لقانون جول $P = I^2R$.	4. لا تخضع لقانون جول
5. الفولطية والتيار يتغيران بنفس الطور . ($\phi = 0$)	5. الفولطية تسبق التيار بزاوية فرق بالطور ($\phi = 90^o$)
6. عامل القدرة ($Pf = 1$)	6. عامل القدرة ($Pf = 0$)

ملاحظة تخضع رادة الحث لقانون أوم حيث أن : $X_L = \frac{V_L}{I_L}$.

القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف

س/ أرسم منحني القدرة في دائرة المحث الصرف ، ذاكراً مميزاته .

ج/



$V_L = V_m \cos (\omega t)$.

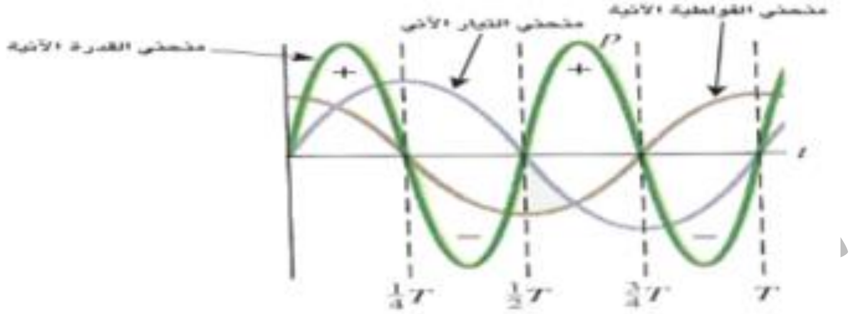
$= V_m \sin (\omega t + \frac{\pi}{2})$

$I_L = I_m \sin (\omega t)$

مميزاته : 1- يكون بشكل منحني جيب .
2- تردده ضعف تردد التيار والفولطية .
3- يحتوي أجزاء موجبة وأخرى سالبة .
4- معدله يساوي صفراً

س7(1)/ ماذا تعني لك الأجزاء الموجبة والسالبة في منحني القدرة لدائرة المحث الصرف ؟

ج/ الأجزاء الموجبة من المنحني تمثل مقدار القدرة المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث عندما تنقل القدرة من المصدر إلى المحث والأجزاء السالبة من المنحني تمثل مقدار القدرة المعادة للمصدر عندما تعاد جميع هذه القدرة إلى المصدر ، لاحظ الشكل أعلاه .



س/ ماذا يعني لك أن معدل منحني القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف يساوي صفر

ج/ يعني أن المحث الصرف لا يستهلك قدرة وأن رادة الحث لاتعد مقاومة أومية و لا تخضع لقانون جول .

س/ علل ، تكون القدرة المتوسطة لدورة كاملة أو لعدد صحيح من الدورات تساوي صفر في دائرة المحث الصرف .

ج/عند تغير التيار من الصفر إلى المقدار الأعظم تؤخذ الطاقة من المصدر وتخزن بشكل طاقة مغناطيسية في المحث وعند تغير التيار من المقدار الأعظم إلى الصفر تعاد هذه الطاقة إلى المصدر أي أنه لا يستهلك قدرة .

س/ لديك أربعة صناديق متشابهة من الخارج يحتوي أحدها على متسعة والآخر على ملف والآخر على مقاومة والآخر بطارية ، كيف تستطيع التمييز بينها باستعمال مصباح كهربائي وأسلاك ربط ؟

ج/ نربط المصباح بين طرفي كل صندوق على جهة فالصندوق الذي يسبب توهج المصباح فانه يحتوي بطارية .

ثم نكون دائرة توالي بين البطارية والمصباح وأحد الصناديق الثلاث الباقية ونلاحظ :

a) إذا توهج المصباح بصورة مباشرة فالصندوق يحتوي مقاومة .

b) إذا تأخر توهج المصباح فالصندوق يحتوي ملف بسبب تولد قوة دافعة كهربائية محتثة تعرقل مرور التيار.

c) إذا توهج المصباح لبرهه ثم انطفأ فالصندوق يحتوي متسعة لأنها تعمل عمل مفتاح مفتوح في دوائر التيار المستمر.

س8(a) / لماذا يفضل استعمال المحث الصرف في التحكم بتيار التفرغ بمصباح الفلوريسنت ولا تستعمل مقاومة صرف ؟

ج / لأن المحث الصرف لا يستهلك (لا يبدد) قدرة ($P_{dissipated} = 0$) بينما المقاومة تبدد قدرة ($P_{dissipated} = I^2 R$)

س12 / **ربط مصباح كهربائي على التوالي مع محث صرف ومصدر للتيار المتناوب ، عند أي الترددات الزاوية العالية أم الواطئة يكون المصباح أكثر توهجاً ؟ وعند أي منها يكون المصباح أقل توهج ؟ (بثبوت مقدار فولطية المصدر) ، وضح ذلك ؟**

ج/ - عند الترددات الزاوية العالية تزداد رادة الحث X_L فيقل التيار في الدائرة لذا يكون المصباح أقل توهج .

- عند الترددات الزاوية الواطئة تقل رادة الحث X_L فيزداد التيار في الدائرة لذا يكون المصباح أكثر توهج .

$X_L = \omega L$

$X_L \propto \omega$ بثبوت L

$I_L = \frac{V_L}{X_L} \rightarrow I_L \propto \frac{1}{X_L}$ بثبوت L

مميزات دائرة التيار المتناوب الحاوية على محث صرف

1. تعطى الفولطية المتناوبة والتيار المتناوب في الدائرة بالشكل الآتي : . $V_L = V_m \cos(\omega t)$
$= V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$
$I_L = I_m \sin(\omega t)$
2. لا تستهلك قدرة .
3. الفولطية تسبق التيار بزاوية فرق طور مقدارها ($\phi = 90^o$) .
4. متوسط القدرة يساوي صفر .
5. متوسط التيار المتناوب والفولطية المتناوبة يساوي صفراً .
6. تتولد في الملف رادة حث تعطى بالعلاقة : $X_L = \omega L$ $\quad$ $X_L = 2\pi f L$

مثال (2) : ملف مهمل المقاومة (محث صرف) معامل حثه الذاتي ($\frac{50}{\pi}\, mH$) ربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (20V) . احسب كل من رادة الحث والتيار في الدائرة عندما يكون تردد التيار : a- f = 10 Hz b- f= 1MHz .

الجواب : a- عند التردد f = 10Hz .

نجد أولاً رادة الحث من العلاقة : $X_L = 2\pi f L$

$X_L = 2 \times \pi \times 10 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 1\ \Omega$

ثم نجد التيار المار في المحث من العلاقة : $I_L = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{1} = 20A$

b- **عند التردد f =1MHz**

نجد أولاً رادة الحث من العلاقة : $X_L = 2\pi f L$

$X_L = 2 \times \pi \times 1 \times 10^{+6} \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 10^{+5}\ \Omega$

ثم نجد التيار المار في المحث من العلاقة : $I_L = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{10^{+5}} = 2 \times 10^{-4} A$

من المثال السابق نلاحظ أن رادة الحث عند الترددات الصغيرة تكون صغيرة المقدار فيزداد التيار وبذلك يعمل الملف (عمل مقاومة صرف).

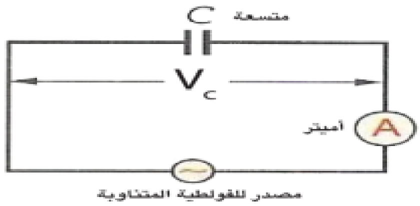
أما عند الترددات العالية جدا تزداد رادت الحث بصورة كبيرة جدا فيقل التيار الى مقدار صغير جدا ويعمل الملف عمل (مفتاح مفتوح) .

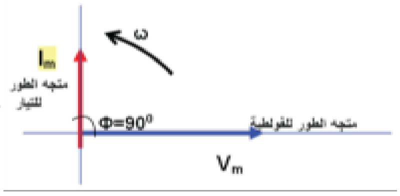
مثال (واجب) / دائرة تيار متناوب تحتوي محث وكانت الفولطية في الدائرة معطاة بالعلاقة : $V_L = 141.4 \cos 200\, t$ والتيار معطى بالعلاقة : $I_L = 14.14 \sin 200t$ جد :

1) المقدار المؤثر للتيار والمقدار المؤثر للفولطية . 2) مقدار رادة الحث . 3) معامل الحث الذاتي للمحث .

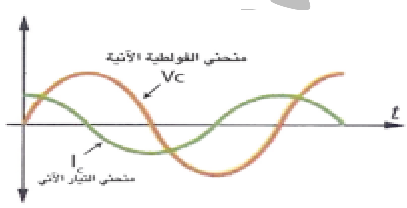
الجواب //

دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صرف





المخطط الطوري (ألاتجاهي) لكل من التيار والفولطية في دائرة المتسعة الخالصة



المخطط البياني لكل من التيار والفولطية في دائرة المتسعة الخالصة

ملاحظة متجه طور التيار في المتسعة الخالصة يسبق متجه طور الفولطية بزاوية فرق بالطور مقدارها (90^{o}) أو ($\phi = \frac{\pi}{2}$) والصيغ العامة لكل منهما :

$I_c = I_m \cos(\omega t)$.

الصيغة العامة لتيار المتسعة الخالصة $= I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

الصيغة العامة لفولطية المتسعة الخالصة $V_c = V_m \sin(\omega t)$

س/ ما هي رادة السعة ؟ وكيف تنشأ ؟ وعلى ماذا تعتمد ؟

ج/ **رادة السعة (X_c):** هي المعاكسة التي تبديها المتسعة للتغير في فرق جهد الدائرة وتقاس بوحدة (ohm)، وتنشأ عن تولد فرق جهد كهربائي على طرفي المتسعة معاكس لاتجاه فرق جهد الدائرة .

$X_c = \frac{1}{\omega C}$, $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$, $X_C = \frac{V_C}{I_C}$

وتعتمد على : 1) مقدار سعة المتسعة (C) وتتناسب معها عكسياً بثبوت التردد الزاوي للتيار (ω) .

2) مقدار التردد الزاوي للتيار (ω) وتتناسب معه عكسياً بثبوت سعة المتسعة .

س2/ أثبت أن رادة السعة (X_c) تقاس بوحدة الـ (ohm) .

ج/

$$X_C = \frac{1}{2\pi f\ C} = \frac{1}{Hz\ .F} = \frac{1}{\frac{1}{S} \cdot \frac{C}{V}} = \frac{V}{\frac{C}{S}} = \frac{V}{A} = \Omega$$

س/ أثبت أن التيار يسبق الفولطية بزاوية فرق بالطور $\frac{\pi}{2}$ في دائرة المتسعة ذات السعة الصرف ؟

ج/ بما أن: $V_c = V_m \sin(\omega t)$

وبما أن : $Q = C . V_c = C V_m \sin(\omega t)$

$$I_c = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{\Delta \{C\, V_m \sin(\omega t)\}}{\Delta t} \qquad \{ \frac{\Delta}{\Delta t} \sin(\omega t) = \omega \cos(\omega t) \}$$

$$\therefore I_c = \omega c V_m \cos(\omega t) \qquad \{ \cos(\omega t) = \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \}$$

$$\therefore I_c = \omega c V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \qquad \{ X_C = \frac{1}{\omega c} , \omega c = \frac{1}{X_c} \}$$

$$\therefore I_c = \frac{1}{X_c} V_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \qquad \{ I_m = \frac{V_m}{X_c} \}$$

$$\therefore I_c = I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

س/ أشرح نشاط يوضح تأثير تغير مقدار تردد فولطية المصدر في مقدار رادة السعة.

الادوات :

أميتر ، فولطميتر ، متسعة ذات صفيحتين متوازيتين، مذبذب كهربائي وأسلاك توصيل ، مفتاح كهربائي .

الخطوات : ● نربط دائرة كهربائية كما في الشكل المجاور .

● نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي تدريجيا ًمع المحافظة على بقاء

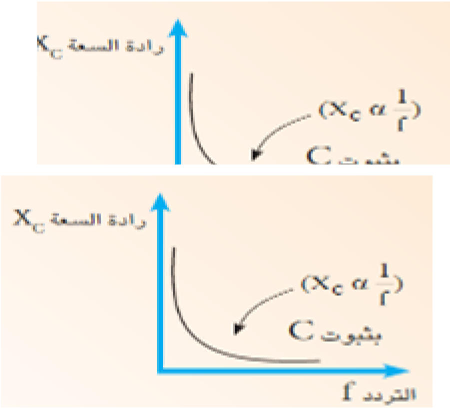
مقدار الفولطية ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر) .صول زيادة في قراءة الأميتر .

الاستنتاج :

رادة السعة (X_C) تتناسب عكسياً مع تردد التيار (f) بثبوت سعة المتسعة (C) .



س ... بين رادة السعة وتردد التيا...



ملاحظة العلاقة عكسية بين تردد التيار ورادة السعة بثبوت سعة المتسعة ($X_C \propto \frac{1}{f}$)

أي أن : بثبوت سعة المتسعة (c) $\frac{X_{C1}}{X_{C2}} = \frac{f_2}{f_1}$

س/ أشرح نشاط يوضح العلاقة بين رادة السعة وسعة المتسعة .

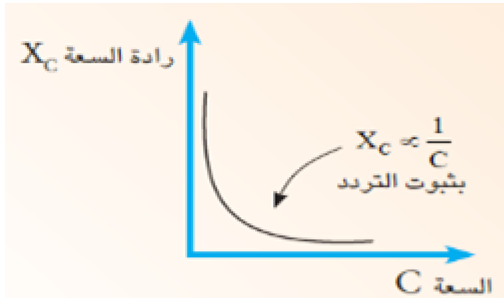
الادوات :

مصدر فولطية ترددها ثابت ، أميتر ، فولطميتر ، متسعة ذات صفيحتين متوازيتين متغيرة السعة ، مفتاح كهربائي

الخطوات :

- نربط دائرة كهربائية كما في الشكل المجاور .
- نغلق الدائرة ونلاحظ قراءة الأميتر .
- نزيد مقدار سعة المتسعة تدريجيا (وذلك بإدخال لوح من مادة عازلة بين صفيحتي المتسعة) نلاحظ حصول زيادة في قراءة الأميتر (زيادة التيار طرديا مع ازدياد سعة المتسعة) .

الاستنتاج : رادة السعة تتناسب عكسيا مع سعة المتسعة ، بثبوت تردد فولطية المصدر $X_C \propto \frac{1}{C}$.

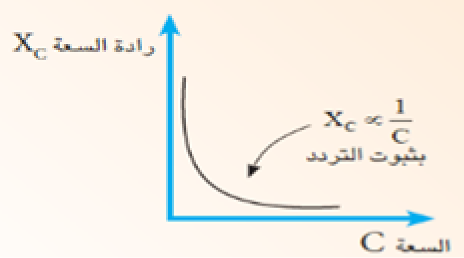




ملاحظة العلاقة عكسية بين سعة المتسعة ورادة السعة بثبوت تردد التيار ($X_C \propto \frac{1}{C}$) أي

أن : بثبوت تردد التيار (f) $\frac{X_{C1}}{X_{C2}} = \frac{C_2}{C_1}$

س3/ أرسم مخطط بياني يوضح العلاقة بين رادة السعة وسعة المتسعة



س/ كيف تسلك المتسعة في كل من الدوائر الآتية :

a- دائرة تيار مستمر . b- دائرة تيار متناوب ذات

c- دائرة تيار متناوب ذات تردد واطئ .

ج/ a- تسلك سلوك مفتاح مفتوح بسبب تساوي فرق جهدها مع فرق جهد المصدر وبالتالي يصبح تيار الدائرة صفراً .

b- تسلك المتسعة سلوك مفتاح مغلق بسبب نقصان رادة السعة مع ازدياد التردد $X_C \propto \frac{1}{f}$ مما يؤدي إلى زيادة التيار .

c- تسلك المتسعة سلوك مفتاح مفتوح بسبب زيادة رادة السعة مع نقصان التردد $X_C \propto \frac{1}{f}$ مما يؤدي إلى نقصان التيار .

القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صرف

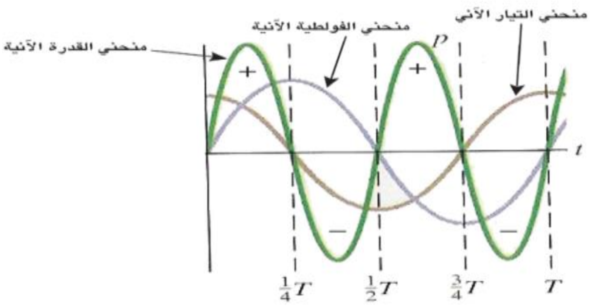
س/ أرسم منحني القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صرف . ثم بين مميزاته .

ج/

$$I_c = I_m \cos(\omega t)$$

$$I_c = I_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$V_c = V_m \sin(\omega t)$$



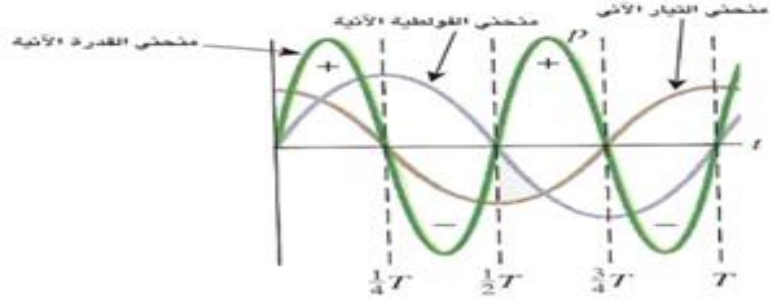
مميزاته:-

1) يكون بشكل منحني جيب . 3) تردده ضعف تردد التيار والفولطية .

3) معدله يساوي صفر. 4) يحتوي أجزاء موجبة وأخرى سالبة .

س7(2)/ ما لذي تمثله الأجزاء الموجبة والسالبة في منحني القدرة لدائرة المتسعة ذات السعة الصرف ؟

ج/ الأجزاء الموجبة من المنحني تمثل مقدار القدرة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة (المتسعة تُشحنْ) عندما تنقل القدرة من المصدر إلى المتسعة أما الأجزاء السالبة من المنحني تمثل مقدار القدرة المعادة للمصدر (المتسعة تفرّغ شحنتها) عندما تعاد جميع هذه القدرة إلى المصدر .



س/ ماذا يعني لك أن معدل منحني القدرة يساوي صفر في دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صرف؟

ج/ يعني أن المتسعة الصرف لا تستهلك قدرة ولا تعد مقاومة أومية ولا تخضع لقانون جول .

س/ علل ، يكون متوسط القدرة لدورة كاملة أو لعدد صحيح من الدورات يساوي صفر .

ج/ لأن المتسعة تشحن خلال الربع الأول من الدورة ثم تفرغ شحنتها إلى المصدر خلال الجزء الآخر من الدورة، وبعدها تشحن المتسعة بقطبية معاكسة وتتفرغ وهكذا بالتعاقب .

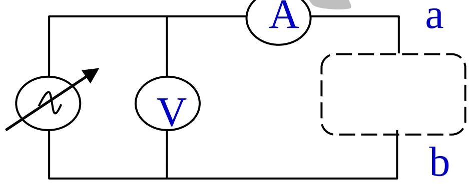
س/ أيهما تفضل للتحكم في توهج مصباح كهربائي موضوع في دائرة تيار متناوب متوالية الربط ، مقاومة متغيرة أم متسعة متغيرة ؟ ولماذا؟

ج/ المتسعة المتغيرة أفضل لأنها لا تستهلك قدرة في حين أن المقاومة المتغيرة تستهلك قدر بشكل حرارة .

س/ ما هو الفرق بين المقاومة ورادة السعة ؟

المقاومة R	رادة السعة X_c
1. تنشأ عن تصادم الشحنات المتحركة مع ذرات المادة	1. تنشأ عن تولد فرق جهد كهربائي على طرفيها يعاكس فرق جهد الدائرة
2. تستهلك قدرة .	2. لا تستهلك قدرة .
3. لا تعتمد على التردد .	3. تعتمد على التردد $X_C \propto \frac{1}{f}$
4. تخضع لقانون جول $P = I^2 R$.	4. لا تخضع لقانون جول
5. الفولطية والتيار يتغيران بنفس الطور ($\phi = 0$) .	5. التيار يسبق الفولطية بزاوية فرق بالطور $\phi = 90^o$
6. عامل القدرة ($Pf = 1$)	6. عامل القدرة ($Pf = 0$)

س/ وضح كيف يمكن التمييز عملياً بين ثلاث صناديق متشابهة من حيث المظهر الخارجي يحتوي الواحد منها على (متسعة أو ملف أو مقاومة) باستعمال مذبذب كهربائي و أميتر و فولطميتر و أسلاك توصيل .



ج/ 1) تربط دائرة كهربائية كما في الشكل المجاور:

2) نثبت الفولطية باستعمال المذبذب الكهربائي عن طريق الفولطميتر .

نربط أحد الصناديق الثلاث بين النقطتين a وb ونزيد مقدار التردد ونلاحظ قراءة الأميتر :

إذا بقي التيار ثابت مع زيادة التردد فالصندوق يحتوي مقاومة لأنها لا تعتمد على التردد ، وإذا

زاد التيار بزيادة التردد فالصندوق يحتوي متسعة لأن $X_C \propto \frac{1}{f}$ ، وإذا قل التيار بزيادة التردد فالصندوق يحتوي ملف لأن $X_L \propto f$.

س11/ ربط مصباح كهربائي على التوالي مع متسعة ذات سعة صرف ومصدر للتيار المتناوب ، عند أي الترددات الزاوية العالية أم الواطئة يكون المصباح أكثر توهجاً ؟ وعند أي منها يكون المصباح أقل توهج ؟(بثبوت مقدار فولطية المصدر) ، وضح ذلك ؟

ج/ - عند الترددات الزاوية العالية تقل رادة السعة X_C فيزداد التيار في الدائرة لذا يكون المصباح أكثر توهج .

- عند الترددات الزاوية الواطئة تزداد رادة السعة X_C فيقل التيار في الدائرة لذا يكون المصباح أقل توهج .

$X_c = \frac{1}{\omega C}$

$X_c \propto \frac{1}{\omega}$ بثبوت C

$I_C = \frac{V_C}{X_C} \rightarrow I_C \propto \frac{1}{X_C}$ بثبوت C

مثال (3): ربطت متسعة سعتها ($\frac{4}{\pi}\ \mu F$) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه 2.5V ، أحسب مقدار رادة السعة ومقدار التيار في هذه الدائرة .

إذا كان تردد الدائرة: (a) 5Hz (b) 5×10^5 Hz .

الجواب :

a- نجد أولا رادة السعة عند التردد (5Hz) :

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 5 \times \frac{4}{\pi} \times 10^{-6}} = \frac{1}{4 \times 10^{-5}} = 0.25 \times 10^5 = 2.5 \times 10^4\ \Omega$$

نجد الآن التيار الكهربائي باستخدام قانون أوم :

$$I_c = \frac{V_c}{X_c} = \frac{2.5}{2.5 \times 10^4} = 1 \times 10^{-4}\ A$$

b- نجد أولا رادة السعة عند التردد (5×10^5 Hz)

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi \times 5 \times 10^5 \times \frac{4}{\pi} \times 10^{-6}} = \frac{1}{4} = 0.25\ \Omega$$

نجد الآن التيار الكهربائي باستخدام قانون أوم :

$$I_c = \frac{V_c}{X_c} = \frac{2.50}{0.25} = 10\ A$$

من النتائج السابقة نجد أنه عند الترددات الواطئة جداً يكون مقدار رادة السعة كبير جداً فيقل التيار الى قيم صغيرة جدا بحيث يمكن اهماله وبذلك تعمل المتسعة عمل مفتاح مفتوح .

أما عند الترددات العالية جداً يكون مقدار رادة السعة صغير جداً فيزداد التيار وبذلك تعمل المتسعة عمل مفتاح مغلق .

مثال (واجب) / دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة صرف وكانت الفولطية في الدائرة معطاة بالعلاقة : $V_c = 141.4 \sin 200\, t$ والتيار معطى بالعلاقة : $I_c = 14.14 \cos 200t$ جد :
1) المقدار المؤثر للتيار والمقدار المؤثر للفولطية . 2) مقدار رادة السعة . 3) سعة المتسعة .
الجواب //

س5 / دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة صرف (R – L – C) على التوالي مع بعضها وربطت المجموعة مع مصدر فولطية متناوبة .
وضح كيف يتغير مقدار كل من المقاومة و رادة الحث ورادة السعة ، اذا تضاعف التردد الزاوي للمصدر .

الجواب :

- مقدار المقاومة R ثابت لا يتغير مع تغير التردد الزاوي (ω) .
- مقدار رادة الحث X_L يتضاعف بمضاعفة التردد الزاوي أي الى (2ω) لأن :-

$X_L = \omega L$

$X_L \propto \omega$ بثبوت L

$\frac{X_{L2}}{X_{L1}} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{2\omega}{\omega} = 2$

$X_{L2} = 2X_{L1}$

- يقل مقدار رادة السعة الى النصف بمضاعفة التردد الزاوي أي الى (2ω) لأن :-

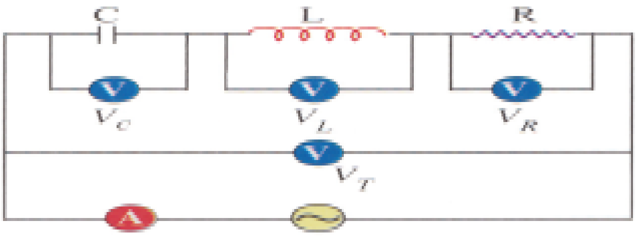
$X_c = \frac{1}{\omega\, c}$

$X_c \propto \frac{1}{\omega}$ بثبوت C

$\frac{X_{C2}}{X_{C1}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\omega}{2\omega} = \frac{1}{2}$

$X_{C2} = \frac{1}{2} X_{C1}$

دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة صرف (R-L-C)



ملاحظة في دوائر التيار المستمر المتوالية الربط فإن : $I = I_1 = I_2 = I_3$

$V_T = V_1 + V_2 + \ldots\ldots$

أما في دوائر التيار المتناوب المتوالية الربط فإن : $I = I_R = I_L = I_c$

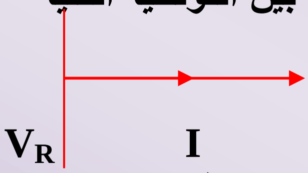
$V_T \neq V_R + V_L + V_c$

س/علل، إن فرق جهد دائرة التوالي المتناوبة لا يساوي المجموع الجبري لفروق الجهد على طرفي كل عنصر من عناصر المجموعة .

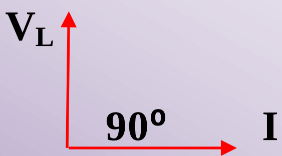
ج/ بسبب وجود فرق بالطور بين الفولطية والتيار في كل فرع من فروع الدائرة حيث أنها تجمع جمعاً طورياً .

ملاحظات حول الرسم

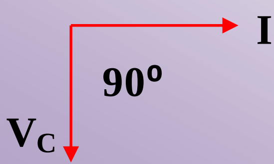
- يرسم متجه طور التيار على محور $(+X)$ دائماً .
- يرسم فرق جهد المقاومة (V_R) على محور $(+X)$ أيضاً لأن $(\phi = 0)$ بين الفولطية الكلية والتيار في فرع المقاومة .



- يرسم فرق جهد المحث (V_L) على محور $(+Y)$ لأن الفولطية تسبق التيار بزاوية فرق بالطور (90^o)



- يرسم فرق جهد المتسعة (V_C) على محور $(-Y)$ لأن التيار يسبق الفولطية بزاوية فرق طور (90^o)

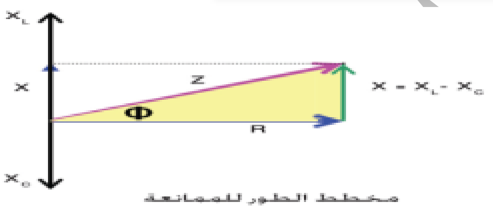


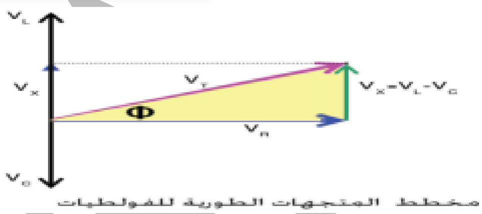
فولطية الرادة (V_X) : هي الفرق بين فولطية الملف و فولطية المتسعة . $V_x = V_L - V_C$

الرادة (X) : هي الفرق بين رادة الحث ورادة السعة . $X = X_L - X_C$

الممانعة الكلية للدائرة Z : هي المعاكسة المشتركة بين المقاومة والرادة $Z^2 = R^2 + X^2$

القوانين العامة





الممانعات	الفولطيات
الرادة $X = X_L - X_c$	**فولطية الرادة** $V_x = V_L - V_c$
$Z^2 = R^2 + X^2$ الممانعة الكلية $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$	$V_T^2 = V_R^2 + V_X^2$ **الفولطية الكلية** $V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$
زاوية فرق الطور $\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$	**زاوية فرق الطور** $\tan \phi = \frac{V_L - V_C}{V_R}$

س6(1) / على ماذا يعتمد مقدار الممانعة الكلية Z ؟

ج / من العلاقة : $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(2\pi f L - \frac{1}{2\pi f C}\right)^2}$

فإنها تعتمد على : 1- مقدار المقاومة R   2- تردد التيار f

3- معامل الحث الذاتي L   4- سعة المتسعة C .

القدرة الحقيقية والظاهرية و عامل القدرة

القدرة الحقيقية (P_{real}) : هي القدرة المستهلكة في الحمل بشكل حرارة وتقاس بوحدة الـ (watt) .

$$P_{real} = I \cdot V_R = I^2 \cdot R = \frac{V_R^2}{R}$$

\

القدرة الظاهرية (P_{app}) : هي القدرة الكلية المجهزة للدائرة من قبل المصدر وتقاس بالـ (V .A) .

$P_{app} = I \, . \, V_T$
$= I^2 \, . \, Z$
$P_{app} = \frac{V_T^2}{Z}$

س/ ما هو الفرق بين القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية ؟

القدرة الحقيقية (P_{real})	**القدرة الظاهرية (P_{app})**
1.تستهلك في المقاومة (الحمل) بشكل حرارة	1. تجهز من قبل المصدر للدائرة بأجمعها
2. تقاس بالـ (watt)	2. تقاس بالـ (V . A)
3. تكون دائما أصغر من القدرة الظاهرية	3. تكون دائما أكبر من القدرة الحقيقية
4. $P_{real} = I \, . \, V_R$ $= I^2 \, . \, R$ $= \frac{V_R^2}{R}$	4. $P_{app} = I \, . \, V_T$ $= I^2 \, . \, Z$ $= \frac{V_T^2}{Z}$

س9(1)/ ما لمقصود بعامل القدرة ؟

ج/ هو النسبة بين القدرة الحقيقية المستهلكة في الحمل (P_{real}) والقدرة الظاهرية المجهزة للدائرة (P_{app}) وهو مقدار خال من الوحدات .

$$Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}} = \cos\emptyset$$

س6(2)/ على ماذا يعتمد مقدار عامل القدرة ؟

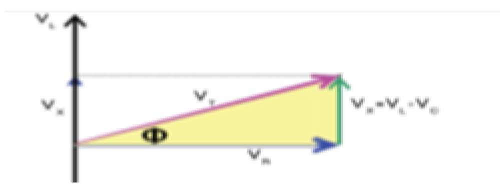
ج/ يعتمد على نسبة القدرة الحقيقية P_{real} إلى القدرة الظاهرية P_{app}

$$Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}}$$

أو يعتمد على قياس زاوية فرق الطور Φ بين I و V_T لأن ($Pf = \cos\Phi$) أو يعتمد على Z ، R لأن:

$P.f = \cos \Phi$
$Pf = \frac{R}{Z}$
$Pf = \frac{V_R}{V_T}$

س/ أثبت أن :- $pf = \cos \phi$.



بما أن :- $pf = \frac{P_{real}}{P_{app}} = \frac{I \, . \, V_R}{I \, . \, V_T} = \frac{V_R}{V_T}$

ومن مخطط الفولطيات نستنتج آن :

$pf = \cos \phi$

س/ أثبت ن : $pf = \frac{R}{Z}$.

ج/ $pf = \frac{P_{real}}{P_{app}} = \frac{I^2 . R}{I^2 . Z} = \frac{R}{Z}$

س8(c) - ما مقدار عامل القدرة في دائرة تيار متناوب (مع ذكر السبب) ، إذا كان الحمل يتألف من : 1- مقاومة صرف 2- محث صرف 3- متسعة ذات سعة صرف
4- ملف ومتسعة والدائرة ليست في حالة رنين .

ج/ 1- مقاومة صرف : $Pf = \cos \emptyset = \cos 0 = 1$

السبب : متجه طور الفولطية ومتجه طور التيار يكونان بطور واحد $\emptyset = 0$.

2- محث صرف : $Pf = \cos \emptyset = \cos 90° = 0$

السبب : متجه طور الفولطية يسبق متجه طور التيار بزاوية فرق في الطور $\emptyset = 90°$ ، توجد معاكسة لتغير التيار (رادة الحث) : $X_L = 2\pi f L$.

3- متسعة ذات سعة صرف : $Pf = \cos \emptyset = \cos 90° = 0$

السبب : متجه طور التيار يسبق متجه طور الفولطية بزاوية فرق في الطور $\emptyset = 90°$ ، توجد معاكسة لتغير التيار (رادة السعة) : $X_c = \frac{1}{2\pi f c}$.

4- ملف ومتسعة والدائرة ليست في حالة رنين لأن زاوية فرق الطور $\emptyset$ تكون :

$(0 < \emptyset < 90°)$

$(1 > P.f = \cos \emptyset > 0)$

السبب : توجد ممانعة كلية في الدائرة Z وهي المعاكسة المشتركة للمقاومة والرادة .

A- دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف و محث صرف (R- L) على التوالي :

a. الفولطية تسبق التيار بزاوية فرق طور ($\emptyset$)

$$V = V_m \sin (\omega t + \emptyset)$$
$$I = I_m \sin (\omega t)$$

b. للدائرة خصائص حثية .

c. زاوية فرق الطور تكون دائماً موجبة (الرسم في الربع الأول) وتحسب من $\tan \emptyset$

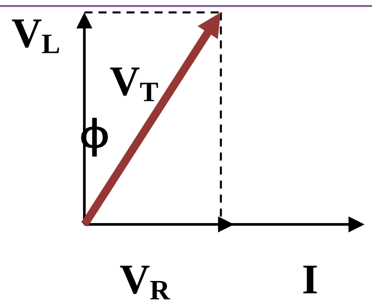
d. الرادة تساوي رادة الحث فقط $X = X_L$

e. فولطية الرادة تساوي فولطية المحث فقط $V_X = V_L$

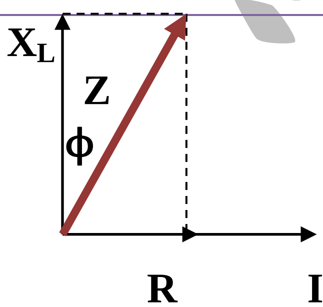
f. فولطية السعة $V_C = 0$ و رادة السعة $X_C = 0$

g. فولطية المحث $V_L = I . X_L$

h. رادة الحث $X_L = \frac{V_L}{I}$ أو $X_L = \omega L$ أو $X_L = 2 \pi f L$



مخطط الفولطيات



مخطط الممانعات

ملاحظة إذا ذكر أن الدائرة تحتوي ملف فقط ولم يذكر أنه صرف فان هذا الملف يحتوي مقاومة الاسلاك و تعتبر الدائرة دائرة توالي تتألف من مقاومة و محث على التوالي (R-L)

مثال (4) / ربط ملف معامل حثه الذاتي ($L = \frac{\sqrt{3}}{\pi}\ mH$) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده (100V) فكانت زاوية فرق الطور Ø بين متجه طور الفولطية الكلية ومتجه طور التيار 60° ومقدار التيار المنساب في الدائرة (10A) ما مقدار :
1- مقاومة الملف . 2- تردد المصدر .

الجواب :

1- نجد الممانعة الكلية للدائرة باستخدام قانون أوم :

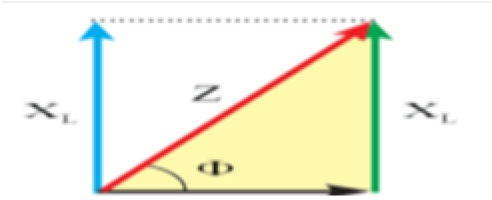
$Z = \frac{V_T}{I} = \frac{100}{10} = 10\Omega$

نرسم مخطط الممانعات لهذه الدائرة ومنه نجد المقاومة ورادة الحث :

$\text{Cos}\theta = \frac{R}{Z}$

$\text{Cos}60° = \frac{R}{10}$

$R = 10 \times 0.5 = 5\Omega$



2- لحساب التردد :

$Z^2 = R^2 + X^2$

$Z^2 = R^2 + (X_L - X_c)^2$

وبما أن الدائرة لا تحتوي متسعة فإن : أي أن $X_c = 0$

$Z^2 = R^2 + (X_L - 0)^2$

$Z^2 = R^2 + X_L^{\ 2}$

$X_L^{\ 2} = Z^2 - R^2$

$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$

$= \sqrt{10^2 - 5^2} = \sqrt{100 - 25}$

$= \sqrt{75} = \sqrt{25 \times 3} = 5\sqrt{3}\ \Omega$

لدينا العلاقة :

$\mathbf{X_L = 2\pi f L}$

$5\sqrt{3} = 2\pi \times f \times \frac{\sqrt{3}}{\pi} \times 10^{-3}$

$f = \frac{5}{2} \times 10^{+3} = 2.5 \times 10^{+3} = 2500\ Hz$

ملاحظة إذا ذكر أن الملف ربط إلى بطارية مرة ثم فصل وربط مرة أخرى إلى مصدر متناوب فهذا يعني أنه يحتوي مقاومة مربوطة معه على التوالي نجدها من دائرة التيار المستمر حيث أن : $R = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$

س (4)/ ربط ملف بين قطبي بطارية فرق الجهد بينهما (20 V) فكان تيار الدائرة (5A) . فإذا فصل الملف عن البطارية وربط مرة اخرى بين طرفي مصدر متناوب المقدار المؤثر لفرق الجهد بين طرفيه (20 V) و بتردد ($\frac{700}{22}$ Hz) وكان تيار الدائرة (4 A)، احسب مقدار :

1- معامل الحث الذاتي للملف .

2- زاوية فرق الطور بين متجه طور الفولطية الكلية ومتجه طور التيار مع رسم مخطط طوري للممانعة .

3- عامل القدرة .

4- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

الجواب :

1- في دائرة التيار المستمر يسلك الملف كمقاومة صرف نجد مقاومته من العلاقة الآتية :

$$R = \frac{V_{dc}}{I_{dc}} \frac{20}{5} = 4\ \Omega$$

الآن لإيجاد معامل الحث الذاتي فان للملف رادة حث في دوائر التيار المتناوب نجد أولا الممانعة الكلية للدائرة من العلاقة :

$$Z = \frac{V_T}{I} = \frac{20}{4} = 5\ \Omega$$

ثم نجد رادة الحث :

$$Z^2 = R^2 + X^2$$

$$Z^2 = R^2 + (X_L - X_c)^2$$

وبما أن الدائرة لا تحتوي متسعة فإن : أي أن $X_c = 0$

$$Z^2 = R^2 + (X_L - 0)^2$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2$$

$$X_L^2 = Z^2 - R^2$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

$$= \sqrt{5^2 - 4^2} = \sqrt{25 - 16} = \sqrt{9} = 3\ \Omega$$

تنويه/ يمكن البدء مباشرة بالعلاقة : $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$

ثم نجد معامل الحث الذاتي من العلاقة :

$$X_L = 2\pi f L$$

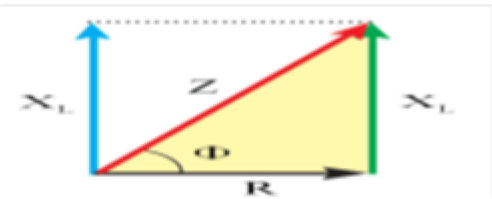
$$3 = 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{700}{22} \times L$$

$$L = \frac{3}{2 \times 100} = 1.5 \times 10^{-2} = 0.015\ H$$

2- لحساب زاوية فرق الطور لدينا العلاقة : $\tan \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$

$$\tan \phi = \frac{3 - 0}{4} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore \emptyset = 37°$$



3- لحساب عامل القدرة :

$$pf = \cos \emptyset$$

$$pf = \cos 37° = 0.8$$

$$\text{or : } pf = \frac{R}{Z} = \frac{4}{5} = 0.8$$

4- لإيجاد القدرة الحقيقية (المستهلكة) : $p_{real} = I^2 . R = 4^2 \times 4 = 16 \times 4 = 64$ watt

ولإيجاد القدرة الظاهرية (المجهزة) : $p_{app} = I^2 . Z = 4^2 \times 5 = 16 \times 5 = 80$ V.A

ملاحظة إذا ذكر ملف ولم يذكر أنه صرف (مهمل المقاومة) وربطت معه مقاومة صرف على التوالي فإن الدائرة تحتوي مقاومتان مقاومة الدائرة (R) ومقاومة الملف (R_L) وتصبح مقاومة الدائرة الكلية : $R_T = R + R_L$

مثال / دائرة تيار متناوب تحتوي ملف مقاومته 6Ω ومعامل حثه الذاتي ($\frac{7}{220}H$) ومقاومة صرف ومصدر متناوب فرق الجهد بين طرفيه 100 V وتردده 60 Hz والقدرة المجهزة للدائرة 500 V. A احسب مقدار المقاومة المربوطة في الدائرة .

الجواب :

نجد أولاً رادة الحث من العلاقة : $X_L = 2\,\pi\, f\, L$

$$X_L = 2 \times \frac{22}{7} \times 60 \times \frac{7}{220} = 12\ \Omega$$

ثم نجد التيار المار في الدائرة من العلاقة : $P_{app} = I\,.\,V_T$

$$I = \frac{P_{app}}{V_T} = \frac{500}{100} = 5A$$

ثم نجد الممانعة الكلية من العلاقة : $Z = \frac{V_T}{I} = \frac{100}{5} = 20\ A$

ثم نجد المقاومة المكافئة في الدائرة من العلاقة : $Z^2 = R_T^{\ 2} + X_L^{\ 2}$

$$R_T^{\ 2} = Z^2 - X_L^{\ 2}$$

$$R_T = \sqrt{20^2 - 12^2} = \sqrt{400 - 144} = \sqrt{256} = 16\Omega$$

وبما أن الدائرة تحتوي مقاومتان مقاومة الدائرة ومقاومة الملف فان : $R_T = R + R_L$

$$R = R_T - R_L = 16 - 6 = 10\Omega$$

مثال (واجب) : ملف مقاومته 60Ω ربط بين طرفي مصدر متناوب فرق جهده 1000V وتردده الزاوي 200 $\frac{rad}{s}$ فكان تيار الدائرة 10A احسب : 1) الممانعة الكلية للدائرة . 2) معامل الحث الذاتي للملف . 3) زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار مع رسم مخطط الممانعات بالمتجهات الطورية 4) اعد الحل باستخدام مخطط الفولطيات .

B- دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف و متسعة ذات سعة صرف (R- C) على التوالي

$I = I_m \sin(\omega t + \emptyset)$

$V_c = V_m \sin(\omega t)$

a. التيار يسبق الفولطية بزاوية فرق طور ($\emptyset$)

b. للدائرة خصائص سعويه

c. زاوية فرق الطور تكون دائماً سالبة (الرسم في الربع الرابع) وتحسب من $\tan\emptyset$

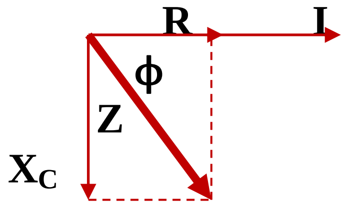
d. الرادة تساوي رادة السعة فقط $X = X_C$

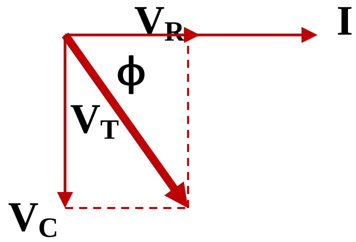
e. فولطية الرادة تساوي فولطية السعة فقط $V_X = V_C$

f. فولطية المحث $V_L = 0$ وكذلك رادة الحث $X_L = 0$

g. فولطية السعة $V_C = X_C \cdot I$

h. رادة السعة $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$ أو $X_C = \frac{1}{\omega c}$ أو $X_C = \frac{V_C}{I}$





مثال : دائرة تيار متناوب تحتوي متسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف مقدارها 15Ω مربوطتان معا على التوالي ثم ربطت المجموعة مع مصدر متناوب فرق جهده 110 V وبتردد 50 Hz فاصبح تيار الدائرة 4.4A احسب :

أولاً : سعة المتسعة .

ثانيا: هبوط الجهد عبر كل من المتسعة والمقاومة .

ثالثا : قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار مع رسم مخطط الممانعات بالمتجات الطورية .

الجواب :

أولاً : نجد اولاً الممانعة الكلية للدائرة من العلاقة : $Z = \frac{V_T}{I} = \frac{110}{4.4} = \frac{1100}{44} = 25\ \Omega$

ثم نجد رادة السعة من العلاقة :

$Z^2 = R^2 + (X_L - X_c)^2$

$Z^2 = R^2 + (0 - X_c)^2$

$Z^2 = R^2 + X_c^2$

$X_c^2 = Z^2 - R^2$

$X_c = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{25^2 - 15^2} = \sqrt{625 - 225} = \sqrt{400} = 20\Omega$

تنويه: يمكن البدء بالعلاقة : $X_c = \sqrt{Z^2 - R^2}$

نجد سعة المتسعة باستخدام العلاقة : $X_C = \frac{1}{2\pi f\, C}$

$20 = \frac{1}{2 \times \pi \times 50\ C}$

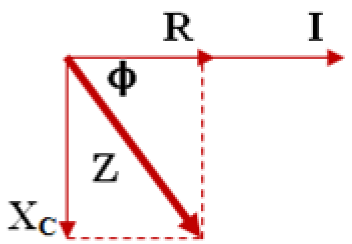
$C = \frac{1}{100\,\pi \times 20} = \frac{1}{2\pi} \times 10^{-3} = \frac{0.5}{\pi} \times 10^{-3} = \frac{500}{\pi} \times 10^{-6}\ F = \frac{500}{\pi}\ \mu F$

ثانيا : لحساب هبوط الجهد (فرق الجهد) نستخدم قانون أوم :

$V_c = I \,.\, X_c = 4.4 \times 20 = 88v$

$V_R = I \,.\, R = 4.4 \times 15 = 66v$

ثالثاً: لحساب زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار : $\tan\ \phi = \frac{X_L - X_C}{R}$



$\tan\ \phi = \frac{0 - 20}{15} = \frac{-4}{3}$

لذا فان : $\therefore \emptyset = -53$

مثال (واجب) : متسعة سعتها $\frac{250}{\pi}\ \mu F$ ربطت على التوالي مع مقاومة مقدارها 30Ω ثم ربطت المجموعة الى طرفي مصدر متناوب فرق جهده 500V وتردده 50Hz احسب :

1- التيار المار في الدائرة .

2- زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار مع رسم مخطط الممانعات بالمتجهات الطورية .

3- عامل القدرة .

4- كل من القدرة الحقيقية المستهلكة في الحمل والقدرة الظاهرية المجهزة للدائرة .

C- دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف و محث صرف و متسعة ذات سعة صرف على التوالي (R- L- C)

أولاً : إذا كانت فولطية الحث (V_L) أكبر من فولطية السعة (V_C) أو رادة الحث (X_L) أكبر من رادة السعة (X_C) .

$V = V_m \sin (\omega t + \emptyset)$

$I = I_m \sin (\omega t)$

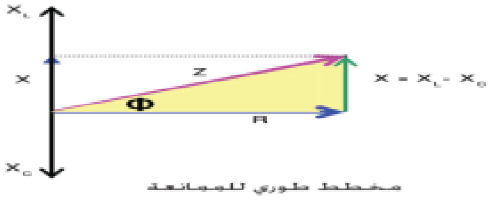
a. الفولطية تسبق التيار بزاوية فرق طور ($\emptyset$)

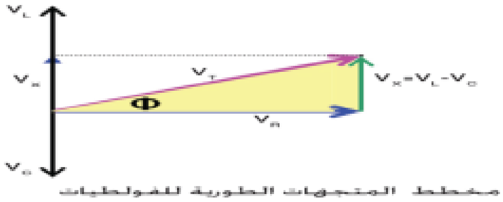
b. للدائرة خصائص حثية

c. زاوية فرق الطور تكون دائماً موجبة (الرسم في الربع الأول) وتحسب من $\tan\emptyset$

d. فولطية الرادة موجبة وتحسب من : $V_x = V_L - V_C$ أو $V_X = I . X$

e. الرادة موجبة وتحسب من : $X = X_L - X_C$ أو $X = \frac{V_X}{I}$



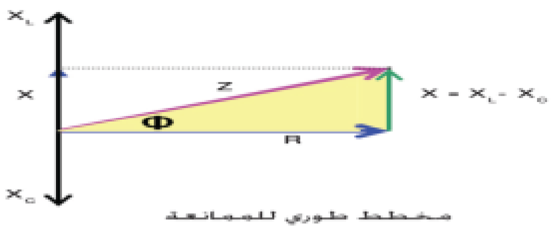


مثال (5) / دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة صرف (R – L – C) مربوطة مع بعضها على التوالي ومجموعتهما مربوطة مع مصدر الفولطية (200V)وكانت ($X_c = 90\Omega$, $X_L = 120\ \Omega$, $R = 40\Omega$) . أحسب مقدار :

1- الممانعة الكلية .
2- التيار المنساب في الدائرة .
3- زاوية فرق الطور بين متجه الفولطية الكلية ومتجه التيار . وارسم المخطط الطوري للمانعة وماهي خواص الدائرة
4- عامل القدرة .
5- القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة .
6- القدرة الظاهرية المجهزة للدائرة .

الجواب :

1- نرسم المخطط الطوري للمانعة ونجد الممانعة من العلاقة :



$Z^2 = R^2 + (X_L - X_c)^2$
$Z^2 = 40^2 + (120 – 90)^2$
$Z^2 = 1600 + (30)^2$
$Z^2 = 1600 + 900$
$Z^2 = 2500$
$Z = 50\ \Omega$

2- نحسب التيار المار في الدائرة باستخدام قانون أوم :

$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{50} = 4A$

3- لإيجاد زاوية فرق الطور لدينا العلاقة :

$\tan\emptyset = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{120-90}{40} = \frac{30}{40}$
$\therefore \emptyset = 37°$

للدائرة خصائص حثية لأن : $X_L > X_C$

4- لحساب عامل القدرة لدينا العلاقة :

$pf = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0.8$

5- الآن نجد القدرة الحقيقية من العلاقة : $P_{real} = I^2 . R = 4^2 \times 40 = 16 \times 40 = 640$ watt .

6- ولحساب القدرة الظاهرية نستخدم العلاقة :

$P_{app} = I^2 . Z = 4^2 \times 50 = 16 \times 50 = 800$ V . A
أو $P_{app} = I . V_T = 4 \times 200 = 800$ V . A

مثال (وزاري) / دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف مقاومته (10Ω) ومعامل حثه الذاتي ($\frac{1}{\pi}\ H$) ومقاومة صرف مقدارها ($50\ \Omega$) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدر للفولطية المتناوبة تردده ($50\ Hz$) وفرق الجهد بين طرفيه ($200V$) كان مقدار عامل القدرة (0.6) وللدائرة خواص حثية . احسب مقدار :

1- التيار في الدائرة . 2- سعة المتسعة .

3- أرسم مخطط الممانعات بالمتجهات الطورية واحسب قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار .

الجواب :

1- نجد أولاً المقاومة المكافئة للدائرة باستخدام العلاقة :

$R_T = R + R_L$

$R_T = 50 + 10 = 60\ \Omega$

لدينا علاقة عامل القدرة :

$pf = \frac{R_T}{Z}$

فأن :

$Z = \frac{R_T}{pf} = \frac{60}{0.6} = \frac{600}{6} = 100\Omega$

ثم نحسب التيار باستخدام قانون أوم :

$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{100} = 2A$

2- من مخطط الممانعات نجد مقدار الرادة المحصلة :

$Z^2 = R_T^{\ 2} + X^2$

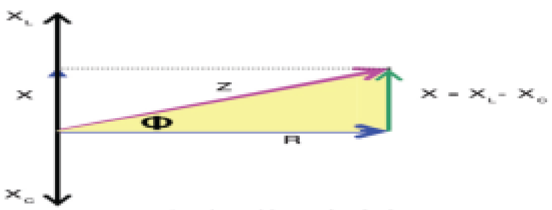
$X^2 = Z^2 - R_T^{\ 2}$

$X = \sqrt{100^2 - 60^2}$

$X = \sqrt{10000 - 3600}$

$X = \sqrt{6400}$

$X = 80\Omega$



مخطط طوري للممانعة

الآن نحسب رادة الحث من العلاقة :

$X_L = 2\ \pi\ f\ L$

$X_L = 2\ \pi \times 50 \times \frac{1}{\pi} = 100\ \Omega$

ثم نجد رادة الحث من العلاقة :

$X = X_L - X_C$

$80 = 100 - X_C$

$X_C = 100 - 80 = 20\Omega$

وأخيراً نجد سعة المتس عة من العلاقة :

$X_C = \frac{1}{2\pi f\ C}$

$20 = \frac{1}{2 \times \pi \times 50\ C}$

$C = \frac{1}{100\,\pi \times 20} = \frac{1}{2\pi} \times 10^{-3}$

$= \frac{0.5}{\pi} \times 10^{-3} = \frac{500}{\pi} \times 10^{-6}\ F = \frac{500}{\pi}\ \mu F$

3- لحساب قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار :

$\tan\emptyset = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{100-20}{60} = \frac{80}{60} = \frac{4}{3}$

$\therefore \emptyset = 53°$

مثال : دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة ومحث ومتسعة ذات سعة صرف متوالية الربط وكان فرق الجهد عبر المقاومة 40V وعبر المحث 80V وعبر المتسعة 50V وتيار الدائرة 2A أرسم مخطط الفولطيات للمتجهات الطورية ثم أحسب :

1- الفولطية الكلية الموضوعة في الدائرة .
2- قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار ، وماهي خصائص الدائرة ؟
3- عامل القدرة .
4- القدرة الحقيقية المتبددة بشكل حرارة .
5- مقاومة الدائرة .
6- الممانعة الكلية للدائرة .

الجواب :

1- نجد الفولطية الموضوعة في الدائرة من العلاقة :

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

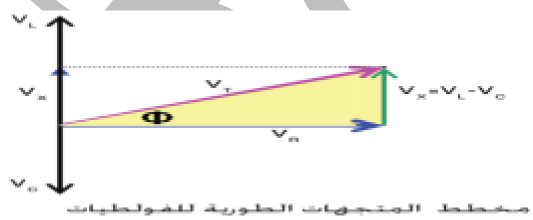
$$V_T = \sqrt{40^2 + (80 - 50)^2}$$

$$V_T = \sqrt{1600 + 30^2}$$

$$V_T = \sqrt{1600 + 900}$$

$$V_T = \sqrt{2500}$$

$$V_T = 50\ V$$



2- لحساب زاوية فرق الطور نستخدم العلاقة :

$$\tan\emptyset = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{80-50}{40} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4}$$

$\therefore \emptyset = 37°$

للدائرة خصائص حثية لأن : $V_L > V_C$

3- لحساب عامل القدرة لدينا العلاقة :

$$pf = \frac{V_R}{V_T} = \frac{40}{50} = 0.8$$

أو $Pf = \cos 37° = 0.8$

4- لإيجاد القدرة الحقيقية لدينا :

$$P_{real} = I \cdot V_R = 2 \times 40 = 80\ watt$$

5- لحساب مقاومة الدائرة نستخدم قانون أوم :

$$R = \frac{V_R}{I} = \frac{40}{2} = 20\ \Omega$$

6- لحساب الممانعة الكلية للدائرة نستخدم قانون أوم :

$$Z = \frac{V_T}{I} = \frac{50}{2} = 25\ \Omega$$

مثال (واجب) / دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف سعتها $\frac{500}{\pi}\mu F$ ربطت جميعا على التوالي الى مصدر متناوب فرق جهده 200 V وتردده 100Hz وكان تيار الدائرة 4A القدرة المتبددة في المقاومة 480 watt وللدائرة خواص حثية .
أرسم مخطط الممانعات بالمتجهات الطورية ثم أحسب :

1) الممانعة الكلية للدائرة .
2) مقاومة الدائرة .

3) زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار .
4) معامل الحث الذاتي للمحث .

الجواب :

ثانياً : إذا كانت فولطية السعة (V_C) أكبر من فولطية الحث (V_L) أو رادة السعة (X_C) أكبر من رادة الحث (X_L) .

$$I = I_m \sin(\omega t + \phi)$$
$$V = V_m \sin(\omega t)$$

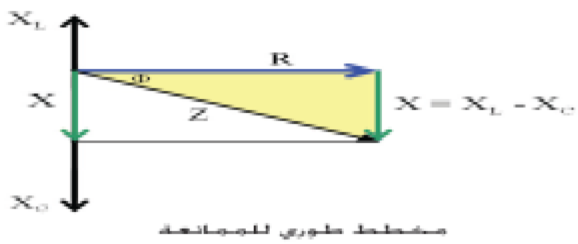
a. التيار يسبق الفولطية بزاوية فرق طور (ϕ)

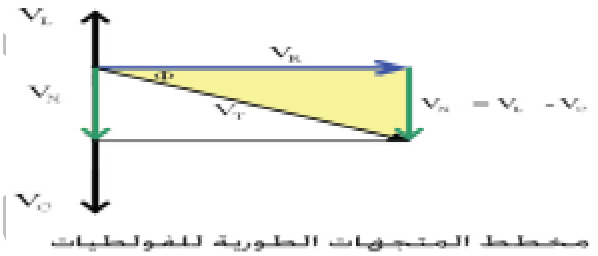
b. للدائرة خواص سعوية .

c. زاوية فرق الطور تكون دائماً سالبة (الرسم في الربع الرابع)) وتحسب من $\tan\emptyset$

d. فولطية الرادة بالاتجاه السالب وتحسب من : $V_x = V_L - V_C$ أو $V_X = I . X$

e. الرادة بالاتجاه السالب وتحسب من : $X = X_L - X_C$ أو $X = \frac{V_X}{I}$





س (7) // دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف مقاومته (10Ω) ومعامل حثه الذاتي (0.5 H) ومقاومة صرف مقدارها (20 Ω) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدر فولطية متناوبة تردد ($\frac{100}{\pi}$ HZ) وفرق الجهد بين طرفيه (200V) كان مقدار عامل القدرة فيها (0.6) وللدائرة خواص سعويه . أحسب مقدار :

1- التيار في الدائرة .

2- سعة المتسعة .

3- ارسم مخطط الممانعة واحسب زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار .

الجواب :

1- نجد المقاومة الكلية للدائرة :

$$R_T = R + R_L$$
$$R_T = 20 + 10 = 30\ \Omega$$

ومن علاقة عامل القدرة نجد الممانعة الكلية للدائرة : :

$$pf = \frac{R_T}{Z}$$

فأن :

$$Z = \frac{R_T}{pf} = \frac{30}{0.6} = \frac{300}{6} = 50\Omega$$

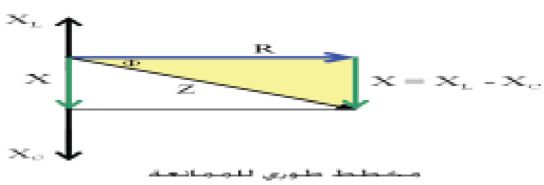
من ثم نحسب تيار الدائرة باستخدام قانون أوم :

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{50} = 4A$$

2- نجد رادة الحث من العلاقة :

$$X_L = 2\pi f L$$
$$X_L = 2\pi \times \frac{100}{\pi} \times 0.5 = 100\ \Omega$$

ومن مخطط الممانعات نجد مقدار الرادة والتي تكون سالبة لان الخواص سعوية :



$$Z^2 = R_T^{\ 2} + X^2$$
$$X^2 = Z^2 - R_T^{\ 2}$$
$$X = \sqrt{50^2 - 30^2}$$

$X = \sqrt{2500 - 900}$

$X = \sqrt{1600}$

$X = \mp 40\Omega$

$\therefore X =$ **-40 Ω** (الخواص سعوية)

الآن نجد رادة السعة من قانون الرادة : $X = X_L - X_C$

$-40 = 100 - X_C$

$X_C = 100 + 40 = 140\ \Omega$

وأخيراً نجد سعة المتسعة من العلاقة : $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$

$140 = \frac{1}{2 \times \pi \times \frac{100}{\pi} C}$

$C = \frac{1}{200 \times 140} = \frac{1}{28} \times 10^{-3} = 0.0357 \times 10^{-3} = 35.7\ \mu F$

3- لحساب زاوية فرق الطور لدينا العلاقة :

$\tan\emptyset = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{100-140}{30} = \frac{-40}{30} = \frac{-4}{3}$

$\therefore \emptyset =$ **-53°** زاوية فر ق الطور تقع في الربع الرابع فتكون سالبة .

س (8) // مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي (400 rad/s) وفرق الجهد بين قطبيه 500V ربط بين قطبيه على التوالي (متسعة سعتها 10μF وملف معامل حثه الذاتي 0.125 H مقاومة (150Ω) ما مقدار :

1- الممانعة الكلية للدائرة .

2- فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث والمتسعة .

3- زاوية فرق الطور بين متجه طور الفولطية الكلية ومتجه طور التيار . وماهي خصائص الدائرة .

الجواب :

1- نجد مقدار رادة الحث : $X_L = \omega L$

$X_L = 400 \times 0.125 = 50\ \Omega$

ثم نجد مقدار رادة السعة : $X_C = \frac{1}{\omega C}$

$X_C = \frac{1}{400 \times 10 \times 10^{-6}} = \frac{1000}{4} = 250\ \Omega$

ثم نحسب الممانعة الكلية من العلاقة : $Z^2 = R^2 + (X_L - X_c)^2$

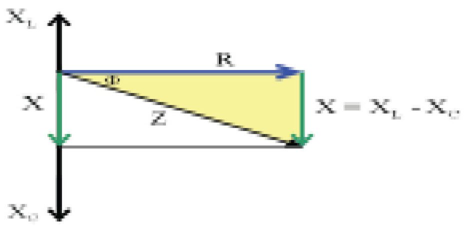
$Z^2 = 150^2 + (50 - 250)^2$

$Z^2 = 22500 + (- 200)^2$

$Z^2 = 22500 + 40000$

$Z^2 = 62500$

$Z = 250\ \Omega$



مخطط طوري للممانعة

2- لحساب فروق الجهد نستعمل علاقة أوم حيث نحتاج التيار المنساب في الدائرة نجده من العلاقة :

$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{500}{250} = 2A$

فرق جهد المقاومة $V_R = I \cdot R = 2 \times 150 = 300\ V$
فرق جهد المحث $V_L = I \cdot X_L = 2 \times 50 = 100V$
فرق جهد المتسعة $V_C = I \cdot X_C = 2 \times 250 = 500\ V$

3- لإيجاد زاوية فرق الطور نستخدم العلاقة :

$$\tan\emptyset = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{50-250}{150} = \frac{-200}{150} = \frac{-4}{3}$$

$\therefore \emptyset = -53°$

$X_C > X_L$ للدائرة خواص سعوية

مثال (وزاري واجب) : دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف مقاومته ($30\ \Omega$) ومعامل حثه الذاتي ($\frac{1.6}{\pi}\ H$) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدر فولطية متناوبة تردده (50 Hz) وفرق الجهد بين طرفيه (100V) كان عامل القدرة (0.6) وللدائرة خواص سعوية أحسب مقدار :
1) التيار في الدائرة . 2) سعة المتسعة .

الجواب :

مثال (وزاري واجب): مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي (100π rad /s) وفرق الجهد بين طرفيه (100V) ربط بين طرفيه على التوالي متسعة سعتها ($\frac{50}{\pi}\ \mu F$) وملف معامل حثه الذاتي ($\frac{1.6}{\pi}\ H$) ومقاومته (30Ω) احسب مقدار :

1- فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث المتسعة

2- زاوية فرق الطور بين متجه طور الفولطية الكلية ومتجه طور التيار . وما هي خصائص الدائرة .

الجواب :

س 3 / مذبذب كهربائي مقدار فرق الجهد بين طرفيه ثابت (1.5V) اذا تغير تردده من (1Hz) الى (1MHz) احسب مقدار كل من ممانعة الدائرة وتيار الدائرة عندما يربط بين طرفي المذبذب :

أولاً : مقاومة صرف فقط مقدارها (R = 30Ω) .

ثانياً: متسعة ذات سعة صرف فقط سعتها ($C = \frac{1}{\pi}\ \mu F$).

ثالثاً : محث صرف فقط معامل حثه الذاتي ($L= \frac{50}{\pi}\ mH$).

الجواب :

أولاً – بما ان الدائرة تحتوي مقاومة صرف فان المقاومة لا تتأثر بالتردد فتكون ممانعة الدائرة تساوي

المقاومة فقط في الحالتين :

$Z = R = 30\Omega$

$I = \frac{V}{R} = \frac{1.5}{30} = \frac{15}{3\times10^2} = 0.05\ A$

ثانياً- عند ربط متسعة ذات سعة صرف فان ممانعة الدائرة تساوي رادة السعة $Z = X_C$

a) عند التردد $f = 1Hz$

$X_C = \frac{1}{2\pi f c} = \frac{1}{2\pi\times1\times\frac{1}{\pi}\times10^{-6}} = \frac{1}{2}\times10^6 = 0.5\times10^6\ \Omega$

$I_c = \frac{V}{X_C} = \frac{1.5}{0.5\times10^6} = 3\ \mu A$

b) عند التردد $f = 1Mz$

$X_C = \frac{1}{2\pi f c} = \frac{1}{2\pi\times10^6\times\frac{1}{\pi}\times10^{-6}} = \frac{1}{2} = 0.5\ \Omega$

$I_c = \frac{V}{X_C} = \frac{1.5}{0.5} = 3\ A$

ثالثاً- عند ربط محث صرف فان ممانعة الدائرة تساوي رادة الحث $Z = X_L$

a) عند التردد $f = 1Hz$

$X_L = 2\pi f L = 2\pi\times1\times\frac{50}{\pi}\times10^{-3} = 0.1\ \Omega$

$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{1.5}{0.1} = 5A$

b) عند التردد $f = 1Mz$

$X_L = 2\pi f L = 2\pi\times10^6\times\frac{50}{\pi}\times10^{-3} = 0.1\times10^6\ \Omega$

$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{1.5}{0.1\times10^6} = 15\times10^{-6} = 15\mu\ A$

ثالثاً : إذا كانت فولطية السعة (V_C) تساوي فولطية الحث (V_L) أو رادة السعة (X_C) تساوي رادة الحث (X_L) ((هي حالة الرنين وسنتناولها لاحقاً))

الرنين الكهربائي

س/ ما لمقصود بالرنين ؟ وما هو شرطه ؟

هو ظاهرة تساوي تردد الدائرة المهتزة (دائرة الاستقبال) مع تردد الإشارة المراد استقبالها وهو حالة خاصة من الاهتزاز الكهربائي .

ويشترط فيه تساوي رادة الحث X_L مع رادة السعة X_C .

$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ، $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

التردد الرنيني = f_r ، التردد الزاوي الرنيني = ω_r ، سعة المتسعة = C ، معامل الحث الذاتي = L

التوليف (التنغيم) : هو عملية تغيير سعة المتسعة في الدائرة المهتزة لجعل دائرة الاستقبال في حالة رنين مع الإشارة المراد تسلمها .

س/ على ماذا يعتمد التردد الرنيني ؟

ج/ من العلاقة : $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ فان التردد الرنيني يعتمد على :

1- مقلوب الجذر التربيعي لمعامل الحث الذاتي ويتناسب معه عكسياً $f_r \propto \frac{1}{\sqrt{L}}$ بثبوت سعة المتسعة

2- مقلوب الجذر التربيعي لسعة المتسعة ويتناسب معه عكسياً $f_r \propto \frac{1}{\sqrt{C}}$ بثبوت معامل الحث الذاتي

س/ كيف يمكن تغيير مقدار التردد ألرنيني للدائرة المهتزة ؟

ج/ وذلك عن طريق تغيير : تغيير سعة المتسعة C أو معامل الحث الذاتي للملف L .

س/ أثبت أن : $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ أو $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ؟

ج/ بما أن شرط الحصول على حالة الرنين هو تساوي رادة السعة مع رادة الحث

$$X_L = X_C$$

$$\{\ X_c = \frac{1}{\omega C}\ ,\ X_L = \omega L\ \}$$

$$\therefore \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\therefore \omega_r^2 = \frac{1}{LC}$$

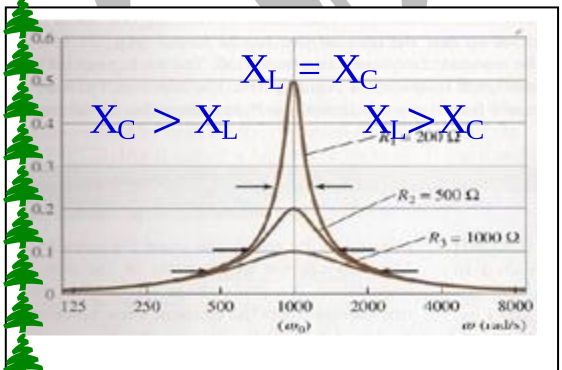
بجذر الطرفين

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\therefore f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

س/ أرسم منحني يوضح تأثير تغير مقدار مقاومة الدائرة في منحني التيار عند التردد ألرنيني . ثم ناقش هذا المنحني .



ج/ نلاحظ أنه عند زيادة التردد يزداد تيار الدائرة إلى أن يصل مقداره الأعظم عند التردد ألرنيني ثم يتناقص تدريجياً مع الاستمرار بزيادة التردد . وكذلك نلاحظ أن التردد الرنيني يبقى ثابت عند تغيير مقدار المقاومة ولكن التيار الرنيني يتناسب عكسياً مع مقاومة الدائرة .

ملاحظة

1) عند الترددات الواطئة ($\omega < \omega_r$) فإن للدائرة خواص سعوية ($X_C > X_L$) أو ($V_C > V_L$) .

2) عند الترددات العالية ($\omega > \omega_r$) فإن للدائرة خواص حثية ($X_L > X_C$) أو ($V_L > V_C$) .

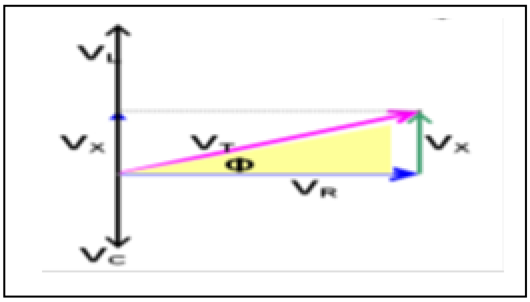
3) عند التردد الرنيني (ω_r) فإن للدائرة خواص مقاومة صرف والدائرة في حالة رنين ($X_C = X_L$)

س10/ دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف و محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف **(R-L-C)** على التوالي مع بعضها ربطت مجموعتهما مع مصدر للفولطية المتناوبة وكانت هذه الدائرة في حالة رنين ، وضح ما خصائص هذه الدائرة؟ وما علاقة الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار إذا كان تردده الزاوي:

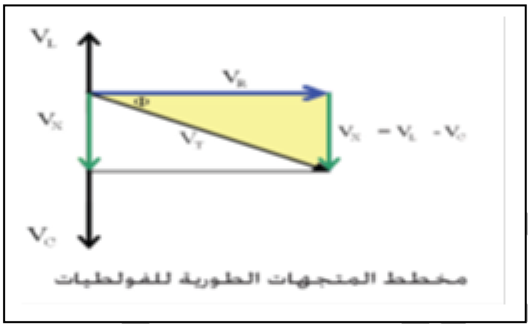
1- أكبر من التردد الزاوي الرنيني

2- أصغر من التردد الزاوي الرنيني

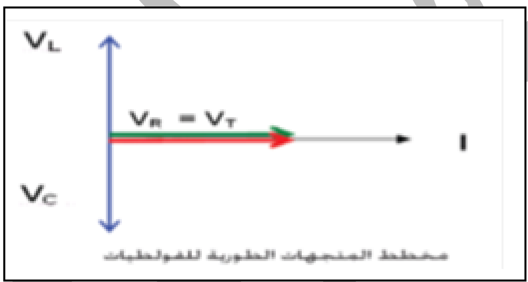
3- يساوي التردد الزاوي الرنيني



ج/ 1. عندما ($\omega > \omega r$) تكون للدائرة خصائص حثية ، زاوية فرق الطور Φموجبة وتقع في الربع الأول ، متجه الطور للفولطية الكلية (V_T) يتقدم عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور Φ وهذا يجعل $V_L > V_c$.



2. عندما $\omega < \omega r$ تكون للدائرة خصائص سعوية وزاوية فرق الطور Φ سالبة وتقع في الربع الرابع ومتجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور في التيار بزاوية فرق طور Φ وهذا يجعل $V_L < V_C$.



3. عندما $\omega = \omega_r$ تكون للدائرة خصائص مقاومة أومية صرفة وزاوية فرق الطور (Φ) تساوي صفر (Φ = 0) وهذا يجعل $V_L = V_C$ وتسمى مثل هذه الدائرة بالدائرة الرنينية .

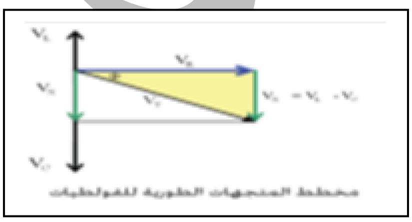
س4 // دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومتسعة صرف ومحث صرف *(R- L – C)* مربوطة على التوالي مع بعضها وربطت مع مصدر للتيار المتناوب . ما لعلاقة بين متجه طور الفولطية الكلية ومتجه طور التيار في الحلات الآتية :

a- رادة الحث تساوي رادة السعة $(X_L = X_C)$.

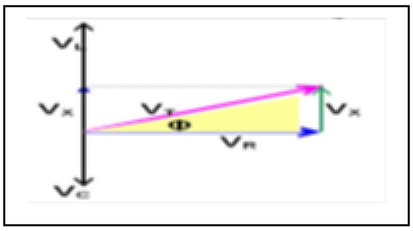
b- رادة الحث أكبر من رادة السعة $(X_L > X_C)$.

c- رادة الحث أصغر من رادة السعة $(X_L < X_C)$.

الجواب :

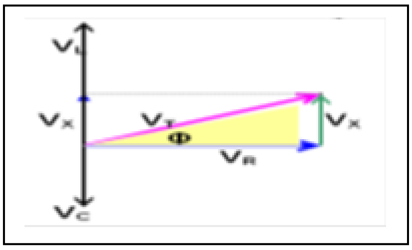


a- عندما $(X_L = X_C)$ فإن :
متجه طور الفولطية ومتجه طور التيار يكونان بطور واحد $(\emptyset = 0)$ وللدائرة خصائص مقاومة أومية صرف ، وهي حالة رنين .



b- عندما $(X_L > X_C)$ فإن :
متجه طور الفولطية يتقدم على متجه طور التيار بزاوية فرق في

الطور ($\emptyset$) موجبة ، $\frac{\pi}{2} > \emptyset > 0$.
وتكون للدائرة خصائص حثية .

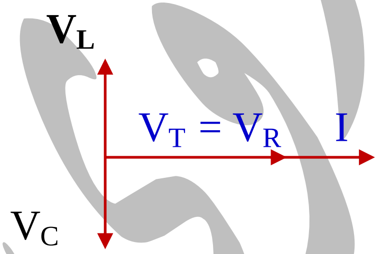


c- عندما ($X_L < X_C$) فإن :
متجه طور الفولطية يتأخر عن متجه طور التيار بزاوية فرق في
الطور ($\emptyset$) سالبة ، $-\frac{\pi}{2} < \emptyset < 0$.
وتكون للدائرة خصائص سعوية .

س8(b)/ ما مميزات دائرة رنين التوالي الكهربائية التي تحتوي (R – L – C) ومذبذب كهربائي

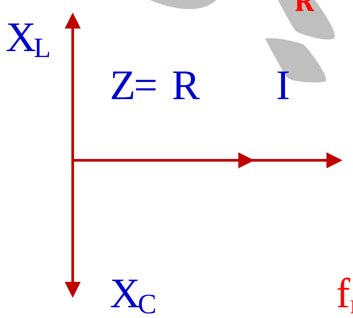
ج/ 1- ترددها الرنيني (f_r) وهذا يجعل $X_C = X_L$ وعندئذٍ تكون الرادة المحصلة
$X = X_C - X_L = 0$
وكذلك تكون $V_L = V_C$ وعندئذٍ تكون $V_X = V_C - V_L = 0$.
2- تمتلك خواص مقاومة أومية صرف لأن : $Z = R$.
3- متجه طور الفولطية V_m ومتجه طور التيار I_m يكونان بطور واحد أي أن زاوية فرق الطور $\emptyset$ بينهما تساوي صفراً.
4- عامل القدرة Pf يساوي الواحد الصحيح لأن : $Pf = \cos \emptyset = \cos 0 = 1$.
5- مقدار القدرة الحقيقية P_{real} يساوي القدرة الظاهرية P_{app} لأن : $Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}} = 1$
$\therefore P_{real} = P_{app}$
6- التيار المناسب فيها يكون بأكبر مقدار لأن ممانعتها Z تكون بأقل مقدار . ويعتمد مقدار التيار على مقدار المقاومة : $I_r = \frac{V_T}{R}$.

ملاحظة //



مخطط الفولطيات في الدائرة الرنينية

1. رادة السعة تساوي راد الحث $X_C = X_L$
2. الرادة تساوي صفر $X = X_C - X_L = 0$
$X=0 \quad \emptyset=0$
3. فولطية السعة تساوي فولطية الحث $V_L = V_C$
4. فولطية الرادة تساوي صفر $V_X = V_C - V_L = 0$
5. الفولطية الكلية تساوي فولطية المقاومة $V_T = V_R$
6. الممانعة الكلية تساوي المقاومة $Z = R$ وتيار الدائرة أكبر ما يمكن $I_r = \frac{V_T}{R}$.

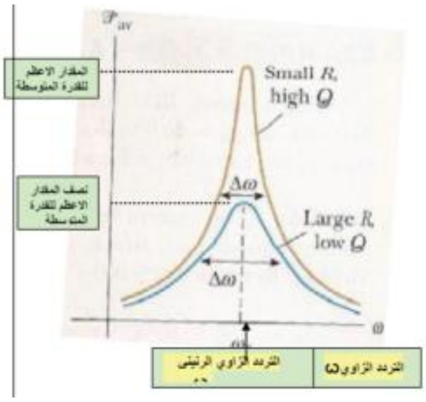


7. عامل القدرة يساوي واحد $pf = 1$
$X = 0 \quad \emptyset = 0$
8. زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار تساوي صفر $\phi = 0$
9. القدرة الحقيقية تساوي القدرة الظاهرية $P_{real} = P_{app}$
10. التردد الزاوي الرنيني $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ والتردد الرنيني $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

مخطط الممانعات في الدائرة الرنينية

عامل النوعية (Qf)

س/ أرسم علاقة بيانية بين القدرة المتوسطة والتردد الرنيني .



نطاق التردد ($\Delta\omega$) : هو الفرق بين قيمتي التردد الزاوي عند منتصف المقدار الأعظم للقدرة المتوسطة

ويعتمد على مقاومة الدائرة ومعامل الحث الذاتي للملف.

$$\Delta\omega = \frac{R}{L}$$

س9(2) / ما هو المقصود بعامل النوعية ؟

عامل النوعية **(Qf)**: هو النسبة بين التردد الزاوي الرنيني (ω_r) وبين نطاق التردد وهي خالية من الوحدات .

$$Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega}$$

$$Qf = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$$

س6(3)/ على ماذا يعتمد عامل النوعية (**Qf**) في الدائرة الرنينية ؟

ج/ 1- مقاومة الدائرة $Qf \propto \frac{1}{R}$.

2- الجذر ألتربيعي معامل الحث الذاتي $Qf \propto \sqrt{L}$ ويتناسب معه طردياً.

3- الجذر ألتربيعي لسعة المتسعة $Qf \propto \frac{1}{\sqrt{C}}$ ويتناسب معه عكسياً .

أو على النسبة بين التردد الزاوي الرنيني ونطاق التردد .

ملاحظة **عند ملاحظة الشكل السابق نستنتج أن :**

1- عندما تكون مقاومة الدائرة صغيرة يكون منحني القدرة المتوسطة حاداً ونطاق التردد ($\Delta\omega$) يكون صغيراً ويصبح عامل النوعية Qf عالياً .

2- عندما تكون مقاومة الدائرة كبيرة يكون منحني القدرة المتوسطة عريضاً ونطاق التردد ($\Delta\omega$) يكون كبيراً ويصبح عامل النوعية Qf صغيراً .

3- مقدار عامل القدرة pf يتراوح بين 0 و الواحد. ومقدار عامل النوعية Qf يكون دائما أكبر من واحد.

س/ قد يكون رنين التوالي خطراً في الدوائر الكهربائية ، علل ذلك ؟

ج/ بسبب إمكانية تولد فولطيات عالية على طرفي كل من المحث والمتسعة تفوق الفولطية المطبقة بكثير .

مثال (6) // دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ($R = 500\Omega$) ومحث صرف (2H) ومتسعة ذات سعة صرف ($C = 0.5\mu F$) ومذبذباً كهربائياً مقدار فرق جهده (100 V) ثابتا والدائرة في حالة رنين . أحسب:

1- التردد الزاوي الرنيني .

2- رادة الحث ورادة السعة والرادة المحصلة .
3- التيار المنساب في الدائرة .
4- الفولطية عبر كل من (المقاومة والمحث والمتسعة والرادة المحصلة) .
5- زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار وعامل القدرة .

الجواب :

1- لحساب التردد الزاوي الرنيني لدينا العلاقة : $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{2 \times 0.5 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{\sqrt{1 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{10^{-3}} = 10^{+3} = 1000 \text{ rad/s}$$

2- لحساب رادة الحث لدينا : $X_L = \omega_r L = 1000 \times 2 = 2000\Omega$

ولحساب رادة السعة لدينا :

$$X_c = \frac{1}{\omega_r C} = \frac{1}{1000 \times 0.5 \times 10^{-6}} = \frac{1}{5 \times 10^{-4}} = \frac{10000}{5} = 2000\ \Omega$$

لذا فالرادة المحصلة تكون : $X = X_L - X_C = 2000 - 2000 = 0$

3- بما أن الدائرة في حالة رنين فإن : $Z = R = 500\ \Omega$

لذا فإن : $I = \frac{V_T}{Z} = \frac{100}{500} = \frac{20}{100} = 0.2\ A$

4- لحساب الفولطية عبر المقاومة نستعمل قانون أوم : $V_R = I \cdot R = 0.2 \times 500 = 100\ V$

لحساب الفولطية عبر المحث : $V_L = I \cdot X_L = 0.2 \times 2000 = 400\ V$

لحساب الفولطية عبر المتسعة : $V_C = I \cdot X_C = 0.2 \times 2000 = 400\ V$

وكذلك فإن فولطية الرادة : $V_X = V_L - V_C = 400 - 400 = 0$

5- لحساب زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار : $\tan\emptyset = \frac{X}{R} = \frac{0}{500} = 0$

$\emptyset = 0$ (متجه طور الفولطية ومتجه طور التيار يكونان بنفس الطور)

$p.f = \cos 0 = 1$

س (5) // مقاومة صرف مقدارها ($150\ \Omega$) ربطت على التوالي مع ملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي (0.2H) ومتسعة ذات سعة صرف ، ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة تردده ($\frac{500}{\pi}\ Hz$) وفرق الجهد بين طرفيه 300V أحسب مقدار :

1- سعة المتسعة التي تجعل الممانعة الكلية للدائرة ($Z = 150\ \Omega$) .
2- عامل القدرة في الدائرة وزاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار .
3- ارسم المخطط الطوري للممانعة .
4- تيار الدائرة .

5- كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية .

الجواب : بما أن الممانعة الكلية تساوي مقاومة الدائرة ($150\ \Omega$) فان الدائرة في حالة الرنين .

1- لحساب سعة المتسعة نستخدم قانون التردد الرنيني :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L\,C}}$$

$$\frac{500}{\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.2\,C}}$$

$$10^3 = \frac{1}{\sqrt{0.2\,C}}$$

بتربيع الطرفين

$$10^6 = \frac{1}{0.2 \times C}$$

$$C = \frac{1}{0.2 \times 10^6} = \frac{10^{-5}}{2} = 0.5 \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-6} = 5\mu F$$

2- نجد الآن عامل القدرة من العلاقة :

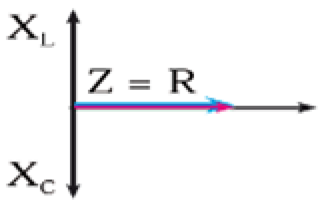
$$pf = \frac{R}{Z} = \frac{150}{150} = 1$$

ولحساب زاوية فرق الطور Ø لدينا العلاقة :

$$\cos \emptyset = pf = 1$$

$$\therefore \emptyset = 0$$

3- المخطط الطوري للممانعة :



مخطط طوري للممانعة

4- لحساب تيار الدائرة نستخدم قانون أوم :

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{300}{150} = 2\ A$$

5- لحساب القدرة الحقيقية :

$$P_{real} = I^2 . R = (2)^2 \times 150 = 4 \times 150 = 600 \text{ watt}$$

ولحساب القدرة الظاهرية :

$$P_{app} = I^2 . Z = (2)^2 \times 150 = 4 \times 150 = 600 \text{ V.A}$$

س (11) : دائرة تيار متناوب الحمل فيها ملف مقاومته (500Ω) ومتسعة متغيرة السعة . عندما كان مقدار سعتها (50nF) ومصدر للفولطية المتناوبة مقدارها (400 V) بتردد زاوي ($10^4\ \frac{rad}{s}$) ، كانت القدرة الحقيقية (المستهلكة) في هذه الدائرة تساوي القدرة الظاهرية (المجهزة) ، أحسب مقدار :

1- معامل الحث الذاتي للملف . وتيار الدائرة .

2- كل من رادة الحث ورادة السعة .

3- زاوية فرق الطور بين متجه طور الفولطية ومتجه طور التيار وما مقدار عامل القدرة .

4- عامل النوعية للدائرة .

5- سعة المتسعة التي تجعل متجه طور الفولطية الكلية يتأخر عن متجه طور التيار بزاوية فرق طور $(\frac{\pi}{4})$.

الجواب :

بما أن القدرة الحقيقية = القدرة الظاهرية . فالدائرة في حالة رنين .

1- لحساب معامل الحث الذاتي لدينا علاقة التردد الزاوي الرنيني : $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{L\,C}}$

$$10^4 = \frac{1}{\sqrt{50 \times 10^{-9} \times L}}$$ بتربيع الطرفين

$$10^8 = \frac{1}{5 \times 10^{-8} \times L}$$

$$L = \frac{1}{5 \times 10^{-8} \times 10^8} = \frac{1}{5} = 0.2\ H$$

و بما أن الدائرة في حالة رنين فإن : $Z = R = 500\ \Omega$

و بهذا يمكن حساب تيار الدائرة من العلاقة : $I = \frac{V_T}{Z} = \frac{400}{500} = 0.8\ A$

2- لحساب رادة الحث لدينا : $X_L = \omega_r L = 10^4 \times 0.2 = 2000\Omega$

لحساب رادة السعة لدينا : $X_C = \frac{1}{\omega_r C} = \frac{1}{10^4 \times 50 \times 10^{-9}} = \frac{1}{5 \times 10^{-4}} = \frac{10^4}{5} = 2000\Omega$

3- لحساب زاوية فرق الطور لدينا العلاقة : $\tan \emptyset = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{2000-2000}{500} = \frac{0}{500} = 0$

$$\therefore \emptyset = 0$$

ولحساب عامل القدرة : $pf = \cos \emptyset = \cos 0 = 1$

4- لحساب عامل النوعية لدينا العلاقة : $Qf = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$

$$Qf = \frac{1}{500} \times \sqrt{\frac{0.2}{50 \times 10^{-9}}}$$

$$= \frac{1}{500} \times \sqrt{\frac{2 \times 10^7}{5}}$$

$$= \frac{1}{500} \times \sqrt{0.4 \times 10^7}$$

$$= \frac{1}{500} \times \sqrt{4 \times 10^6}$$

$$= \frac{2 \times 10^3}{500} = 4$$

4- بما أن الفولطية تتأخر عن التيار فان للدائرة خواص سعوية وزاوية فرق الطور تكون سالبة $(-\frac{\pi}{4})$.

لدينا العلاقة نجد منها رادة الحث :

$$\tan \emptyset = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$\tan(-\frac{\pi}{4}) = \frac{2000 - X_C}{500}$$

$$-1 = \frac{2000 - X_C}{500}$$

$$-500 = 2000 - X_C$$

$$\therefore X_C = 2000 + 500 = 2500\ \Omega$$

الآن نجد سعة المتسعة من العلاقة :

$$X_C = \frac{1}{\omega_r \times C}$$

$$2500 = \frac{1}{10^4 \times C}$$

$$C = \frac{1}{2500 \times 10^4} = \frac{10^{-6}}{25} = 0.040 \times 10^{-6} = 40 \times 10^{-9}\ F = 40\ nF$$

مثال (وزاري واجب) : ربط ملف و مقاومة ومتسعة متغيرة السعة على التوالي الى مصدر فولطية متناوبة مقدارها 240V *وترددها* $(\frac{500}{\pi}$ Hz$)$ *وكانت مقاومة الملف* 10Ω *والمقاومة المربوطة في الدائرة* 30Ω *والرادة الحثية للملف* (120 Ω) *والرادة السعوية للمتسعة* (90 Ω) *أحسب :*

1- معامل الحث الذاتي للملف وسعة المتسعة.

2- الممانعة الكلية للدائرة وتيار الدائرة و زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار .

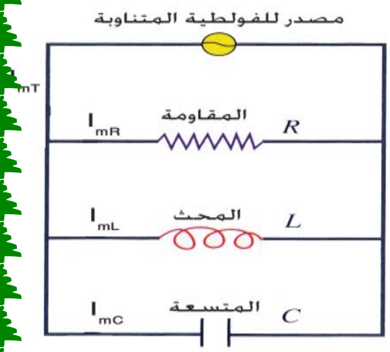
3- سعة المتسعة التي تجعل الدائرة في حالة رنين وبالتردد نفسه ، ثم ارسم مخطط الممانعة في الدائرة الرنينية .

4- التيار وعامل النوعية في الدائرة الرنينية .

الجواب :

مثال (وزاري) واجب : دائرة تيار متناوب متوالية الربط فيها ملف مقاومته $(20\ \Omega)$ ومتسعة سعتها $(50\mu F)$ ومصدر فولطية متناوبة مقدارها $(100V)$ بتردد $(\frac{100}{\pi}\ Hz)$ وكانت القدرة الحقيقية (المستهلكة) في الدائرة تساوي القدرة الظاهرية (المجهزة) ، احسب مقدار :
أولا : معامل الحث الذاتي للملف ، وتيار الدائرة .
ثانيا : رادة الحث ورادة السعة .
ثالثا : زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار .
رابعا: عامل القدرة .
الجواب :

دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف و محث صرف و متسعة ذات سعة صرف (R-L- C) على التوازي



ملاحظة

a- تكون جميع فروق الجهد متساوية عبر كل من المقاومة و المحث والمتسعة :

$$V = V_R = V_L = V_C$$

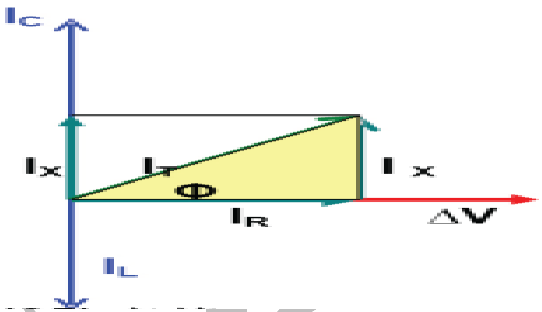
b- لا يمكن جمع التيارات جمعاً جبرياً وإنما تجمع جمعاً طورياً

$$I_T \neq I_R + I_L + I_C$$

س/ علل ، لا يمكن جمع التيارات جمعاً جبرياً.

ج/ وذلك بسبب وجود زاوية فرق بالطور بين المتجهات الطورية للتيارات ومتجه فرق جهد الدائرة .

القوانين العامة :-



1- تيار الرادة : $I_X = I_C - I_L$.

2- التيار الرئيسي : $I_T^2 = I_R^2 + I_X^2$.

$$I_T = \sqrt{I_R^{\,2} + (I_C - I_L)^2}$$

3- لحساب زاوية فرق الطور : $\tan\phi = \frac{I_C - I_L}{I_R}$

4- الممانعة الكلية $Z = \frac{V}{I_T}$ و لا تحسب من أية علاقة أخرى و لا يوجد مخطط ممانعات .

5. تيار المتسعة ($I_C = \frac{V}{X_C}$) وتيار المقاومة ($I_R = \frac{V}{R}$) وتيار المحث ($I_L = \frac{V}{X_L}$) .

ملاحظة القدرة الحقيقية المستهلكة تحسب من :

$$P_{real} = I_R \cdot V = I_R^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

القدرة الظاهرية تحسب من :

$$P_{app} = I_T \cdot V = I_T^2 \cdot Z = \frac{V^2}{Z}$$

عامل القدرة يحسب من :

$$pf = \cos\phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{P_{real}}{P_{app}}$$

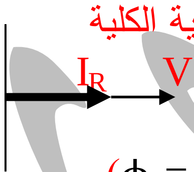
س/ أثبت أن عامل القدرة $pf = \frac{Z}{R}$.

ج/ بما أن :

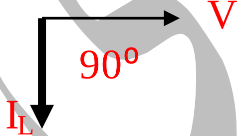
$$pf = \frac{P_{real}}{P_{app}} = \frac{\frac{V^2}{R}}{\frac{V^2}{Z}} = \frac{\frac{1}{R}}{\frac{1}{Z}} = \frac{Z}{R}$$

ملاحظات حول الرسم :

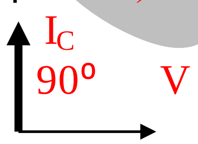
- يرسم متجه طور الفولطية على محور $+X$ دائماً .
- يرسم متجه طور تيار المقاومة (I_R) على محور $+X$ أيضاً لأن $\phi = 0$ بين الفولطية الكلية والتيار في فرع المقاومة .



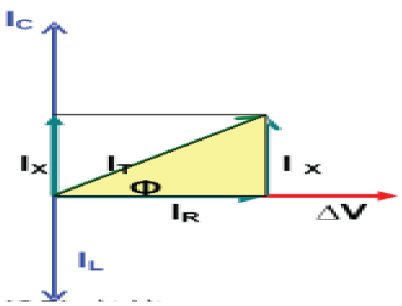
- يرسم متجه طور تيار الملف على محور $-Y$ دائماً لأن الفولطية تسبق التيار $(\phi = 90^o)$ في فرع الملف



- يرسم متجه طور تيار المتسعة على محور $+Y$ دائما لأن متجه التيار يسبق الفولطية $(\phi = 90^o)$ في المتسعة



A- إذا كان تيار المتسعة أكبر من تيار الملف $(I_C > I_L)$ فإن :



a. التيار يسبق الفولطية بزاوية فرق طور

$$I = I_m \sin(\omega t + \phi)$$
$$V = V_m \sin(\omega t)$$

b. للدائرة خواص سعوية .

c. $X_L > X_C$.

d. التيار يسبق الفولطية بزاوية فرق بالطور ϕ .

e. زاوية فرق الطور ϕ تكون موجبة (الرسم في الربع الأول) .

س (9) : دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة صرف) ومصدرا للفولطية المتناوبة مقدار فرق الجهد بين طرفيه (480 V) بتردد (100 Hz) وكان مقدار القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة (1920 W) ومقدار رادة السعة (32Ω) ومقدار رادة الحث (40Ω)، ما مقدار :

1- التيار المنساب في كل من فرع المقاومة وفي فرع المحث وفي فرع المتسعة والتيار الرئيسي في الدائرة .

2- ارسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .

3- قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الرئيس ومتجه الطور للفولطية . وما هي خواص هذه الدائرة .

4- عامل القدرة في الدائرة .

5- الممانعة الكلية في الدائرة .

الجواب :

بما أن الربط على التوازي فإن : $V_R = V_L = V_C = V_T = 480\ V$

1- لحساب التيار المنساب في المقاومة :

$$P_{real} = I_R \cdot V$$

$$1920 = I_R \times 480$$

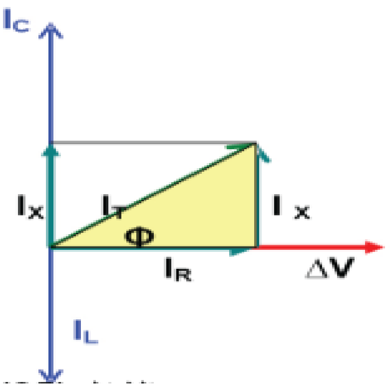
$$I_R = \frac{1920}{480} = 4\ A$$

لحساب التيار المار في المحث :

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{480}{40} = 12\ A$$

لحساب التيار المار في المتسعة :

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{480}{32} = 15\ A$$



ولإيجاد التيار المار في الدائرة فإن :

$$I_T = \sqrt{I_R^{\,2} + (I_C - I_L)^2}$$

$$I_T = \sqrt{4^2 + (15 - 12)^2}$$

$$= \sqrt{16 + (3)^2}$$

$$I_T = \sqrt{16 + 9}$$

$$= \sqrt{25} = 5\ A$$

-2

3- لحساب زاوية فرق الطور نستخدم العلاقة الآتية : $\tan\phi = \frac{I_C - I_L}{I_R}$

$$\tan\phi = \frac{15 - 12}{4} = \frac{3}{4}$$

$\therefore \emptyset = 37°$

للدائرة خصائص سعوية لأن : $I_C > I_L$

4- لإيجاد عامل القدرة لدينا العلاقة : $pf = \frac{I_R}{I_T} = \frac{4}{5} = 0.8$

5- لحساب الممانعة الكلية لدينا قانون أوم : $Z = \frac{V}{I_T} = \frac{480}{5} = 96\ \Omega$

مثال : دائرة تيار متناوب متوازية تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة صرف سعتها ($40\mu F$) ومصدر متناوب فرق الجهد بين طرفيه (200V) وتردده ($\frac{500}{\pi}\ Hz$) ، كانت الممانعة الكلية في الدائرة ($40\ \Omega$) وعامل القدرة في الدائرة (0.8) وللدائرة خواص سعوية ، أحسب معامل الحث الذاتي ؟

الجواب :

نجد أولا التيار الرئيسي في الدائرة من علاقة قانون أوم : $I_T = \frac{V}{Z} = \frac{200}{40} = 5A$

ثم نجد تيار المقاومة من علاقة عامل القدرة :

$$pf = \frac{I_R}{I_T}$$

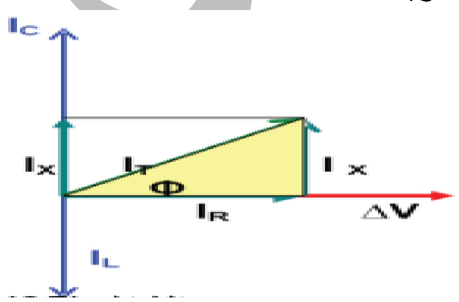
$$0.8 = \frac{I_R}{5}$$

$$I_R = 0.8 \times 5 = 4A$$

نجد الآن رادة السعة باستخدام العلاقة : $X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times \frac{500}{\pi} \times 40 \times 10^{-6}} = \frac{100}{4} = 25\Omega$

ثم نجد تيار المتسعة باستخدام قانون أوم : $I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{200}{25} = 8\ A$

ومن ثم نجد تيار الرادة من مخطط التيار وبما أن للدائرة خصائص سعوية :



$$I_T^2 = I_R^2 + I_X^2$$

$$I_X^2 = I_T^2 - I_R^2 = 5^2 - 4^2 = 25 - 16 = 9$$

$$I_X = 3\ A$$

نجد الآن تيار المحث من العلاقة الآتية :

$$I_X = I_C - I_L$$

$$3 = 8 - I_L$$

$$\therefore I_L = 8 - 3 = 5\ A$$

ثم نجد رادة الحث باستخدام قانون أوم :

$$X_L = \frac{V}{I_L} = \frac{200}{5} = 40\Omega$$

وأخيراً نجد معامل الحث الذاتي من العلاقة :

$$X_L = 2\pi f L$$

$$40 = 2\pi \times \frac{500}{\pi} \times L$$

$$L = \frac{40}{1000} = 0.04\ H$$

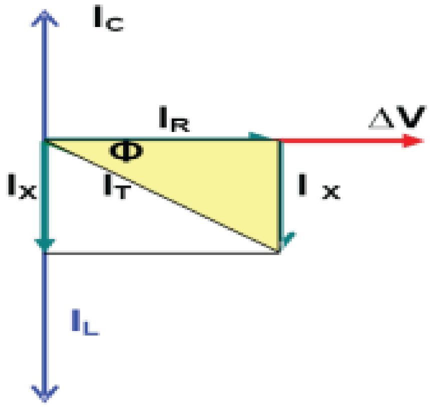
مثال (وزاري) واجب : دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومصدر للفولطية المتناوبة مقدار فرق الجهد بين طرفيه (100V) بتردد (50Hz) وكان مقدار القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة (400W) ومقدار رادة السعة (20Ω) ومعامل الحث الذاتي للمحث ($\frac{1}{2\pi}\ H$) احسب مقدار:

1) التيار المار في كل من فرع المقاومة وفرع المحث وفرع المتسعة والتيار الرئيسي للدائرة .
2) أرسم مخطط المتجهات الطورية .
3) قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار الكلي في الدائرة ، وماهي خصائص الدائرة .
4) عامل القدرة في الدائرة .
5) الممانعة الكلية للدائرة .

الجواب :

مثال وزاري : دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها $(\frac{500}{\pi}\ \mu F)$ ومحث صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه $(100V)$ بتردد $(50\,HZ)$ ، كانت القدرة الحقيقية $(400W)$ وعامل القدرة في الدائرة (0.8) وللدائرة خواص سعوية احسب مقدار : 1) التيار المار في فرع المقاومة والتيار المار في فرع المتسعة . 2) التيار الكلي . 3) زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار الكلي مع رسم مخطط التيارات بالمتجهات الطورية .

B- إذا كان تيار الملف أكبر من تيار المتسعة $(I_L > I_C)$ فإن :



a. للدائرة خواص حثية .

b. الفولطية تسبق التيار بزاوية فرق طور $(\emptyset)$

$V = V_m \sin (\omega t + \emptyset)$
$I = I_m \sin (\omega t)$

c. $X_C > X_L$.

d. الفولطية تسبق التيار بزاوية فرق بالطور ϕ .

e. زاوية فرق الطور ϕ تكون سالبة (الرسم في الربع الرابع) .

مثال (7): دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف R ومتسعة ذات سعة صرف C ومحث صرف L) . ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (240 V) وكان مقدار المقاومة (80Ω) ورادة الحث (20Ω) ورادة السعة (30Ω) احسب مقدار :

1- التيار المناسب في كل فرع من فروع الدائرة .

2- احسب مقدار التيار الرئيسي للدائرة مع رسم مخطط متجهات الطور للتيارات .

3- الممانعة الكلية للدائرة .

4- زاوية فرق الطور بين متجه التيار الرئيسي ومتجه طور الفولطية . وماهي خصائص الدائرة .

5- عامل القدرة .

6- كل من القدرة الحقيقية (المستهلكة) والقدرة الظاهرية (المجهزة) .

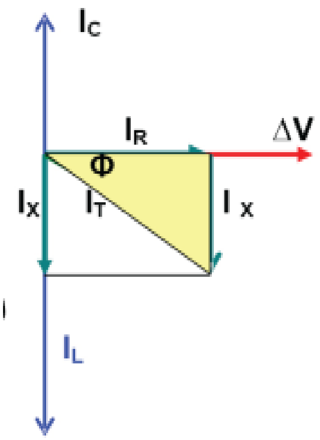
الجواب :

1- بما أن الربط على التوازي فإن : $V_R = V_L = V_C = V_T = 240\ V$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{240}{80} = 3A$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{240}{20} = 12A$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{240}{30} = 8A$$



2- لحساب التيار الرئيسي للدائرة لدينا العلاقة: $I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$

$$I_T = \sqrt{3^2 + (8 - 12)^2}$$

$$= \sqrt{9 + (-4)^2}$$

$$I_T = \sqrt{9 + 16}$$

$= \sqrt{25} = 5\ A$

3- لحساب الممانعة الكلية لدينا قانون أوم : $Z = \frac{V}{I_T} = \frac{240}{5} = 48\ \Omega$

4- لحساب زاوية فرق الطور نستخدم العلاقة الآتية : $\tan\phi = \frac{I_C - I_L}{I_R}$

$\tan\phi = \frac{8-12}{3} = \frac{-4}{3}$

$\therefore \emptyset = -53°$

للدائرة خصائص حثية لأن : $I_L > I_C$

5- لإيجاد عامل القدرة لدينا العلاقة : $pf = \frac{I_R}{I_T} = \frac{3}{5} = 0.6$

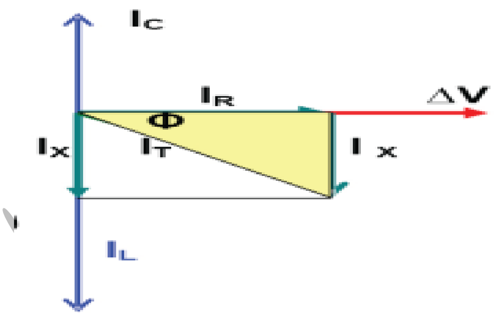
6- لحساب القدرة الحقيقية نستعمل العلاقة : $P_{real} = I_R \cdot V$

$= 3 \times 240 = 720$ watt

ولحساب القدرة الظاهرية لدينا : $P_{app} = I_T \cdot V$

$= 5 \times 240 = 1200$ V . A

مثال / دائرة تيار متناوب متوازية تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف و محث صرف معامل حثه الذاتي (0.5 H) ومصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده (500V) وتردده الزاوي (200 rad/s) فأصبحت الممانعة الكلية للدائرة (100Ω) والقدرة المستهلكة في الدائرة (2000W) وللدائرة خواص حثية ، احسب مقدار سعة المتسعة .



الجواب //

نجد أولا التيار الرئيسي للدائرة : $I_T = \frac{V}{Z} = \frac{500}{100} = 5A$.

ثم نجد تيار المقاومة من العلاقة : $P_{real} = V \cdot I_R$

$2000 = 500 \times I_R$

$I_R = \frac{2000}{500} = 4A$

نجد الآن رادة الحث باستخدام العلاقة : $X_L = \omega L = 200 \times 0.5 = 100\ \Omega$

ثم نجد تيار المتسعة باستخدام قانون أوم : $I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{500}{100} = 5\ A$

ومن ثم نجد تيار الرادة من مخطط التيار وبما أن للدائرة خصائص حثية :

$I_T^2 = I_R^2 + I_X^2$

$I_X^2 = I_T^2 - I_R^2 = 5^2 - 4^2 = 25 - 16 = 9$

$I_X = \pm 3$

$I_X = -3$ A للدائرة خوص حثية

نجد الآن تيار المتسعة من العلاقة الآتية :

$I_X = I_C - I_L$

$-3 = I_C - 5$

$\therefore I_C = 5 - 3 = 2$ A

ثم نجد رادة الحث باستخدام قانون أوم :

$X_C = \frac{V}{I_C} = \frac{500}{2} = 250\Omega$

وأخيراً نجد سعة المتسعة من العلاقة :

$X_C = \frac{1}{\omega C}$

$250 = \frac{1}{200 \times C}$

$C = \frac{1}{200 \times 250} = \frac{1}{50000} = 0.20 \times 10^{-4} F = 20\ \mu F$

س 6/ دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها $(20\ \mu F)$ ومحث صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه $(100V)$ بتردد $(\frac{100}{\pi}\ HZ)$ ، كانت القدرة الحقيقية $(80W)$ وعامل القدرة في الدائرة (0.8) وللدائرة خواص حثية احسب مقدار :

1) التيار المار في فرع المقاومة والتيار المار في فرع المتسعة .

2) التيار الكلي .

3) زاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار الكلي مع رسم مخطط التيارات بالمتجهات الطورية .

4) معامل الحث الذاتي للمحث .

الجواب: 1- لحساب التيار المنساب في المقاومة :

$P_{real} = I_R \cdot V$

$80 = I_R \times 100$

$I_R = \frac{80}{100} = 0.8\ A$

نجد الآن رادة السعة باستخدام العلاقة :

$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times \frac{100}{\pi} \times 20 \times 10^{-6}} = \frac{1000}{4} = 250\Omega$

ثم نجد تيار المتسعة باستخدام قانون أوم :

$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{100}{250} = 0.4\ A$

2- لحساب التيار الكلي للدائرة لدينا علاقة عامل القدرة :

$p.f = \frac{I_R}{I_T}$

$I_T = \frac{I_R}{p.f} = \frac{0.8}{0.8} = 1A$

3- لحساب زاوية فرق الطور نجد أولاً تيار الرادة :

$I_X^2 = I_T^2 - I_R^2 = 1^2 - 0.8^2 = 1 - 0.64 = 0.36$

$I_X = \pm 0.6$

$I_X = -0.6$ A للدائرة خوص حثية

نجد الآن تيار المحث من العلاقة الآتية :

$I_X = I_C - I_L$

$-0.6 = 0.4 - I_L$

$\therefore I_L = 0.4 + 0.6 = 1\ A$

ثم نجد رادة الحث باستخدام قانون أوم :

$X_L = \frac{V}{I_L} = \frac{100}{1} = 100\Omega$

وأخيراً نجد معامل الحث الذاتي من العلاقة :

$X_L = 2\pi f L$

$100 = 2\pi \times \frac{100}{\pi} \times L$

$L = \frac{100}{200} = 0.5\ H$

مثال واجب : دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف مقدارها 100Ω ومتسعة ذات سعة صرف سعتها ($50\mu F$) ومحث صرف ومصدر متناوب فرق الجهد بين طرفيه (400V) وتردده ($\frac{200}{\pi}\ HZ$) وكانت الفولطية تسبق التيار بزاوية $37°$ أحسب :

1- تيار الدائرة .

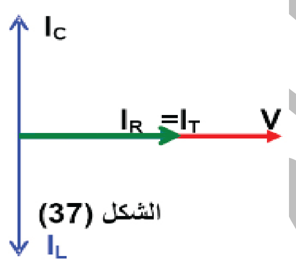
2- الممانعة الكلية للدائرة .

3- معامل الحث الذاتي للمحث .

الجواب :

C- إذا كان تيار المتسعة يساوي تيار الملف ($I_C = I_L$) فإن :

- للدائرة خواص مقاومة أومية صرف .
- متجه طور التيار الكلي I_T منطبق مع متجه طور الفولطية V .
- زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية تساوي صفراً
- تيار الرادة يساوي صفراً $I_X = I_C - I_L = 0$.
- التيار الكلي يساوي تيار المقاومة $I_T = I_R$.
- الممانعة الكلية تساوي المقاومة $Z = R$



الشكل (37)

س (10) // مقاومة (30Ω) ربطت على التوازي مع متسعة ذي سعة خالصة وربطت المجموعة عبر قطبي مصدر للفولطية المتناوبة بتردد (50 Hz) فأصبحت الممانعة الكلية للدائرة (24 Ω) والقدرة الحقيقية (480 W) فما مقدار سعة المتسعة ؟ ارسم مخطط التيارات بالمتجهات الطورية .

الجواب :

نجد أولاً تيار المقاومة من علاقة القدرة الحقيقية :

$$P_{real} = I_R^2 . R$$

$$480 = I_R^2 \times 30$$

$$I_R^2 = \frac{480}{30} = 16$$

$$I_R = 4A$$

ثم نجد فولطية الدائرة باستعمال قانون أوم :

$$V_R = I_R \times R = 4 \times 30 = 120 \text{ v} = V$$ (لأن الربط على التوازي)

نجد الآن التيار الكلي في الدائرة من العلاقة :

$$I_T = \frac{V}{Z} = \frac{120}{24} = 5 \text{ A}$$

نجد الآن تيار المتسعة من مخطط التيارات :

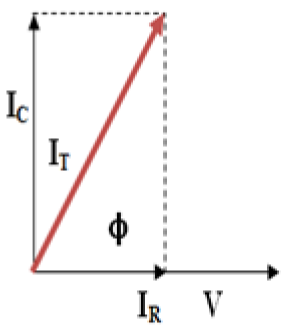
$$I_T^2 = I_X^2 + I_R^2$$

$$5^2 = (I_C - I_L)^2 + 4^2$$

$$25 = (I_C - 0)^2 + 16$$

$$I_C^2 = 25 - 16 = 9$$

$$I_C = 3A$$



ومنه نجد رادة السعة باستعمال قانون أوم : $X_C = \frac{V}{I_C} = \frac{120}{3} = 40\Omega$

وأخيراً نجد سعة المتسعة من العلاقة : $X_C = \frac{1}{2\,\pi\, f\, C}$

$$40 = \frac{1}{2\,\pi \times 50 \times C}$$

$$\therefore C = \frac{1}{100\,\pi \times 40} = \frac{0.250 \times 10^{-3}}{\pi} = \frac{250}{\pi} \times 10^{-6} F = \frac{250}{\pi}\,\mu F$$

مثال واجب : دائرة تيار متناوب متوازية تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف سعتها ($40\mu F$) ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه ($200V$) وتردده الزاوي ($500\,\frac{rad}{s}$) والقدرة المجهزة للدائرة ($1000\ V.A$) أرسم مخطط التيارات بالمتجهات الطورية ثم أحسب :

1) مقاومة الدائرة . 2) زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار . 3) عامل القدرة .

مثال : دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف معامل حثه الذاتي (0.125H) ومصدر فولطية متناوبة فرق جهده (480 V) وتردده ($\frac{240}{\pi}\ Hz$) ، وكانت القدرة المجهزة للدائرة (4800 V.A)

احسب : 1) التيار الرئيسي للدائرة . 2) مقاومة الدائرة . 3) زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار ثم ارسم مخطط التيارات بالمتجهات الطورية

الجواب :

1- نجد التيار الرئيسي للدائرة من علاقة القدرة الظاهرية : $P_{app} = I_T \cdot V$

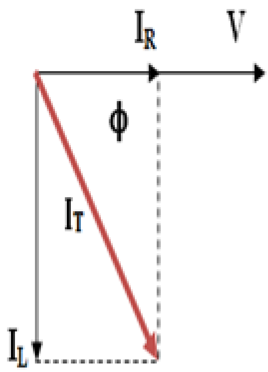
$4800 = I_T \times 480$

$I_T = \frac{4800}{480} = 10\ A$

2- نجد رادة الحث من العلاقة الآتية :

$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times \frac{240}{\pi} \times 0.125 = 480 \times 0.125 = 60\ \Omega$

ثم نحسب تيار المحث من قانون أوم : $I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{480}{60} = 8A$



ومن مخطط التيارات فإن :

$I_T^2 = I_X^2 + I_R^2$

$10^2 = (I_C - I_L)^2 + I_R^2$

$100 = (0 - 8)^2 + I_R^2$

$I_R^2 = 100 - 64 = 36$

$\therefore I_R = 6A$

ثم نجد مقاومة الدائرة من العلاقة : $R = \frac{V}{I_R} = \frac{480}{6} = 80\ \Omega$

3- لحساب زاوية فرق الطور لدينا العلاقة : $\tan\theta = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{0-8}{6} = -\frac{4}{3}$

$\therefore \theta = -53°$

حل أسئلة الفصل الثالث

س1: اختر الاجابة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1- دائرة تيار متناوب متوالية الربط الحمل فيها مقاومة صرف (R) يكون فيها مقدار القدرة المتوسطة لدورة واحدة أو لعدد صحيح من الدورات :

a- يساوي صفر ومتوسط التيار يساوي صفر .

b- يساوي صفر ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الأعظم .

c- نصف المقدار الأعظم للقدرة ومتوسط التيار يساوي صفر .

d- نصف المقدار الأعظم للقدرة ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الأعظم للتيار .

الجواب : (c) نصف المقدار الأعظم للقدرة ومتوسط التيار يساوي صفر .

2- دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R – L – C)
لا يمكن أن يكون فيها :
a- التيار خلال المتسعة متقدما على التيار خلال المحث بفرق طور ($\emptyset = \pi$) .
b- التيار خلال المتسعة متقدما على التيار خلال المقاومة بفرق طور ($\emptyset = \frac{\pi}{2}$) .
c- التيار خلال المقاومة والتيار خلال المتسعة يكونان بالطور نفسه ($\emptyset = 0$) .
d- التيار خلال المحث يتأخر عن التيار خلال المقاومة بفرق طور ($\emptyset = \frac{\pi}{2}$) .

الجواب : (c) التيار خلال المقاومة والتيار خلال المتسعة يكونان بالطور نفسه ($\emptyset = 0$) .

3- دائرة تيار متناوب تحتوي مذبذب كهربائي فرق جهده ثابت المقدار ، ربطت بين طرفيه متسعة ذات سعة صرف سعتها ثابتة المقدار ، عند ازدياد تردد فولطية المذبذب :
a- يزداد مقدار التيار في الدائرة .
b- يقل مقدار التيار في الدائرة .
c- ينقطع التيار في الدائرة .
d- أي من العبارات السابقة يعتمد ذلك على مقدار سعة المتسعة .

الجواب : (a) يزداد مقدار التيار في الدائرة .
التوضيح : عند ازدياد تردد الفولطية وحسب العلاقة $X_c = \frac{1}{2\pi f c}$ يقل مقدار رادة السعة فيزداد التيار
على وفق العلاقة $I_c = \frac{V_c}{X_c}$.

5- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R – L – C)
، فإن جميع القدرة في هذه الدائرة :
a- تتبدد خلال المقاومة .
b- تتبدد خلال المتسعة .
c- تتبدد خلال المحث .
d- تتبدد خلال الثلاث في الدائرة .

الجواب :(a) تتبدد خلال المقاومة .

6- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R – L – C) ومذبذب كهربائي عندما يكون تردد المذبذب أصغر من التردد الرنيني لهذه الدائرة ، فإنها تمتلك :
a- خواصاً حثية بسبب كون $X_L > X_C$.
b- خواصاً سعوية بسبب كون $X_C < X_L$.
c- خواصاً أومية خالصة بسبب كون $X_C = X_L$.

d- خواصاً سعوية بسبب كون $X_L > X_C$.

الجواب : (d) خواصاً سعوية بسبب كون $X_L > X_C$.

7- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف (L – C – R) عندما تكون الممانعة الكلية للدائرة بأصغر مقدار وتيار الدائرة بأكبر مقدار فإن مقدار عامل القدرة فيها :
a- أكبر من الواحد الصحيح .
b- أقل من الواحد الصحيح .
c- يساوي صفراً .
d- يساوي الواحد الصحيح .

الجواب : (d) يساوي الواحد الصحيح .

تنويه : الدائرة هنا في حالة رنين و عامل القدرة لا يمكن أن يكون أكبر من الواحد الصحيح لأن القدرة المستهلكة (P_{real}) لا يمكن أن تكون أكبر من القدرة المجهزة (P_{app}) . $pf = \frac{P_{real}}{P_{app}}$.

8- دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R – L – C) ، تكون لهذه الدائرة خواص حثية اذا كانت :
a- رادة الحث X_L أكبر من رادة السعة X_C .
b- رادة السعة X_C أكبر من رادة الحث X_L .
c- رادة السعة X_C تساوي رادة الحث X_L .
d- رادة السعة X_C أصغر من المقاومة .
الجواب : (b) رادة السعة X_C أكبر من رادة الحث X_L .

توضيح : في دائرة متوازية الربط ذات الخواص الحثية $I_L > I_C$ وعندما تكون : $X_C > X_L$
$\therefore I_L > I_C$ $\frac{1}{I_L} > \frac{1}{I_C}$ ، $\frac{V}{I_L} > \frac{V}{I_C}$

مسائل إثرائية

1/ دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي متسعة ومقاومة وملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي $\frac{1}{5\pi}$ H ومصدر فولطية متناوبة بتردد 100 Hz وكانت الفولطية والتيار ممثلة بالعلاقات الآتية :
$V = 565.6 \sin(\omega t + 53^o)$ ، $I = 14.14 \cos(\omega t)$ أحسب :
1) خواص الدائرة وزاوية فرق الطور بين الفولطية والتيار الكلي .
2) سعة المتسعة التي تتناسب وتلك الخواص .
3) عامل القدرة .
4) القدرة المستهلكة في الدائرة .

2/ إذا كانت الفولطية المتناوبة تتراوح بين ($+150V$ — $-150V$) في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة 8Ω و محث صرف ($X_L = 2\Omega$) ومتسعة صرف ($X_C = 8\Omega$) ، جد :
1- المدى الذي يتغير فيه التيار المتناوب .
2- زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار .
3- عامل القدرة .

3/ دائرة تيار متناوب متوالية تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف و محث صرف معامل حثه الذاتي $0.2\ H$ وكانت الفولطية المتناوبة تعطى بالعلاقة : $V = 707 \sin(100t)$ وتيار الدائرة يعطى بالعلاقة : $I = 70.7 \sin(100t)$ احسب :
a) القدرة المجهزة للدائرة
b) سعة المتسعة .
c) عامل النوعية.

4/ ملف مقاومته 6Ω ربط إلى مصدر متناوب فرق جهده $50V$ وتردده $50Hz$ فأصبحت زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار 53^o . جد :
1- تيار الدائرة .
2- معامل الحث الذاتي للملف .

5/ وضعت فولطية مستمرة مقدارها $60V$ على طرفي ملف فأصبح المعدل الزمني لزيادة التيار المار في الملف $150A/s$ لحظة إغلاق الدائرة ومقدار التيار الثابت $2A$ ثم فصل هذا الملف وربط عبر قطبي مصدر متناوب فرق جهده $200V$ وتردده الزاوي $100\ rad/s$ بدلاً من الفولطية المستمرة . احسب القدرة المستهلكة في دائرة التيار المتناوب .

6/ دائرة تيار متناوب تحتوي ملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي $\frac{1}{5\pi}\ H$ ومقاومة صرف (15Ω) مربوطة جميعها على التوازي عبر قطبي مصدر فولطية متناوبة فأصبح تيار فرع الملف ($3A$) والتيار الكلي ($5A$) أحسب مقدار فولطية المصدر وممانعة الدائرة وعامل القدرة وتردد الدائرة .

7/ مصدران للفولطية أحدهما مستمر والآخر متناوب متساويان بفرق الجهد ربط بكل منهما ملف (أحدهما مماثل للآخر) وعند غلق الدائرتين كانت النسبة بين القدرة المستهلكة في دائرة التيار المستمر القدرة المستهلكة في دائرة التيار المتناوب تساوي ($16 : 25$) جد قياس زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار في دائرة التيار المتناوب .

8/ دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف مقاومته 4Ω ومتسعة سعتها $20\mu F$ فإذا وضع على الدائرة فولطية متناوبة قدرها $100V$ وترددها $50Hz$ أصبح التيار المار في الدائرة أكبر ما يمكن فما مقدار:
1) معامل الحث الذاتي للملف .
2) الفولطية عبر المحث والمتسعة .
3) عامل القدرة .
4) عامل النوعية .

9/ دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف و محث صرف ومتسعة متغيرة السعة فإذا كانت المقاومة المربوطة في الدائرة 40Ω والرادة الحثية 120Ω والرادة السعوية 90Ω وكانت الفولطية الموضوعة في الدائرة 120V وترددها $\frac{500}{\pi}$ Hz فما : 1- معامل الحث الذاتي للملف وسعة المتسعة . 2- الممانعة الكلية للدائرة وتيار الدائرة وزاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية و التيار .
3- سعة المتسعة التي تجعل الدائرة في حالة رنين وبالتردد نفسه ثم أرسم مخطط الممانعة للدائرة الرنينية .

10/ دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف ومتسعه وجد فيها أن رادة السعه تعادل 0.2 من قيمة رادة الحث وتعادل ايضا ثلث قيمة المقاومة فلو كان تيار الدائرة 2A والقدرة المستهلكة في الدائرة 120W احسب قيمة كل من : 1- زاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار 2- فرق جهد الدائرة . 3- احسب قيمة كل من رادة السعه ورادة الحث .

11/ دائرة تيار متناوب تحتوي محث صرف معامل حثه الذاتي $\frac{2}{\pi}$ H فإذا كانت الفولطية المتناوبة في الدائرة تتراوح بين (-200 V _ +200 V) وترددها يساوي 50 Hz . جد :
1- المدى الذي يتروا ح فيه التيار المتناوب .
2- قيمة كل من التيار الآني والفولطية الآنية عند اللحظة $t=\frac{1}{120}$ s .



الفصل الرابع

البصريات الفيزيائية

اعداد وتنضيد

مدرس الفيزياء

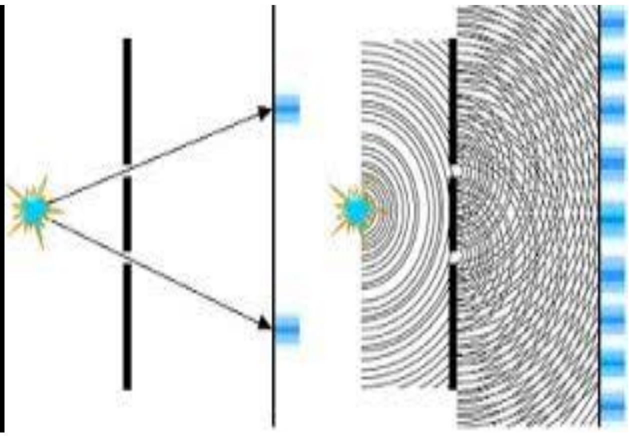
بهاء عبد الهادي الفتلاوي

07816241728

2017

((الفرع الاحيائي))





الفصل الخامس
البصريــــــــــات الفيزيائــــــــية

الموجات الكهرومغناطيسية : هي موجات مستعرضة لا تحتاج إلى وسط مادي لانتقالها تنتقل في الفراغ بسرعة الضوء ($3\times10^8 m/s$) تنشأ عن تذبذب الشحنات الكهربائية وتتألف من مجالين كهربائي ومغناطيسي متذبذبين بطور واحد متعامدين مع بعضهما وعموديين على خط انتشار الموجة .

س/ ما لذي يولده المجال المغناطيسي المتغير مع الزمن في كل مما يأتي :
1) موصل معدني   2) الفراغ .

ج/ 1) يولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي الموصل وفقاً لمبدأ الحث الكهرومغناطيسي .
2) يولد مجالاً كهربائياً عمودياً عليه ومتفقاً معه في الطور .

س/ ما الذي تولده الشحنات الكهربائية اذا كانت : 1) ساكنة . 2) متحركة بسرعة ثابتة او متغيرة .

ج/ **1)** مجال كهربائي
2) مجال كهربائي ومغناطيسي .

ملاحظة
1- يولد المجال المغناطيسي المتغير مع الزمن حوله مجالاً كهربائياً متغيراً مع الزمن عمودياً عليه ومتفقاً معه في الطور .
2- يولد المجال الكهربائي المتغير مع الزمن حوله مجالاً مغناطيسياً متغيراً مع الزمن عمودياً عليه ومتفقاً معه في الطور.

س8/ عند انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الفضاء أو الأوساط المختلفة . ماذا يتذبذب ؟

ج/ كلا المجالين الكهربائي والمغناطيسي يتذبذبان بطور واحد ومتعامدان مع بعضهما وعموديان على خط مسار الموجة الكهرومغناطيسية .

س/ ما هي أهم الطرق التي يتولد عنها المجال المغناطيسي ؟

ج/ 1) ينشأ عن مرور تيار التوصيل الاعتيادي في الموصلات .
2) ينشأ عن المجال الكهربائي المتغير مع الزمن .

س/ كيف تنشأ الموجة الكهرومغناطيسية في الفراغ ؟

ج/ تنشأ عن تذبذب الشحنات الكهربائية في الموصل .

س/ ما هي أهم خصائص الموجة الكهرومغناطيسية ؟

ج/ 1- تنتشر في الفراغ بخطوط مستقيمة وتنعكس وتنكسر وتتداخل وتستقطب وتحيد .
2- تتألف من مجالين كهربائي ومغناطيسي متلازمين ومتغيرين مع الزمن ومتعامدين مع بعضهما وعموديين على خط انتشار الموجة .
3- موجات مستعرضة .
4- تنتشر في الفراغ بسرعة الضوء وتقل سرعتها عند انتقالها في وسط مادي .
5- تتوزع طاقتها بالتساوي بين مجاليها الكهربائي والمغناطيسي عند انتشارها في الفراغ .

الطيف الكهرومغناطيسي: مدى واسع من الأطوال الموجية (الترددات) والتي بضمنها الضوء المرئي تختلف عن بعضها البعض تبعا لطريقة تولدها و مصادرها و تقنية الكشف عنها و قابلية اختراقها الأوساط

((التداخـــل فـــي الضـــوء))

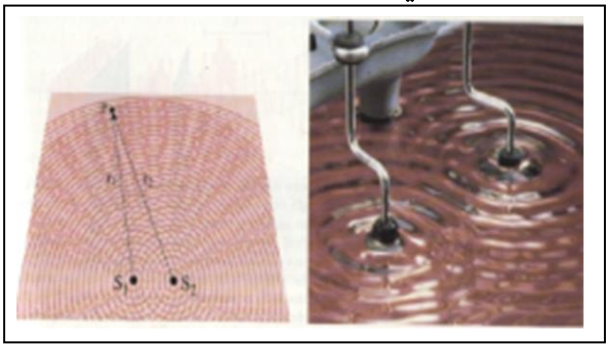
التداخل في الضوء : هي عملية إعادة توزيع الطاقة الضوئية الناشئة عن تراكب سلسلتين أو أكثر من الموجات الضوئية المتشاكهة عند انتشارها بمستوٍ واحد وفي آن واحد وفي الوسط نفسه .

الموجات المتشاكهة : هي الموجات التي لها نفس التردد ومتقاربة بالسعة وبينهما فرق ثابت في الطور .

التداخل المستديم : هو تداخل الموجات المتشاكهة عندما يكون اهتزازها في وسط واحد وفي مستوٍ وتتجه نحو نقطة واحدة .

س/ اشرح نشاط يوضح تداخل الموجات .

الادوات : جهاز حوض المويجات ، مجهز قدرة ، هزاز ، نقار ذو رأسين مدببين بمثابة مصدرين نقطيين (S_1 , S_2) يبعثان موجات كروية تنتشر على سطح الماء بالطول الموجي نفسه .

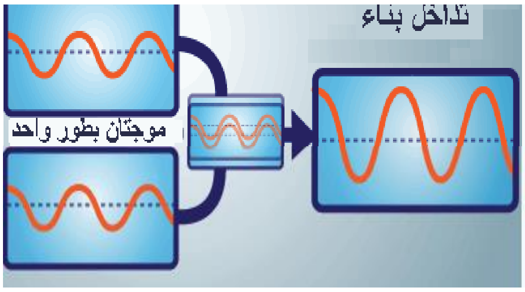


الخطوات :

- نعد حوض المويجات للعمل إذ يمس طرفا النقار الماء في الحوض .
- عند تشغيل الهزاز نشاهد طراز التداخل عند سطح الماء نتيجة تراكب الموجات الناتجة عن اهتزاز المصدرين النقطيين المتماثلين (S_1 , S_2) كما في الشكل :

الاستنتاج :

من مشاهدتنا لطراز التداخل يتضح أن هناك نوعان من التداخل هما :



1- عندما يكون للموجتين الطور نفسه والسعة نفسها عند نقطة معينة تتحد الموجتان لتقوي كل منهما الأخرى وتكون سعة الموجة الناتجة تعادل ضعف سعة أي من الموجتين وهو ما يسمى بالتداخل البناء ، ويكون ناتج عن تراكب قمتين أو قعرين لموجتين ينتج عنهما تقوية .



2- عندما يكون للموجتين طورين متعاكسين والسعة نفسها عند نقطة معينة فان إحداهما تلغي تأثير الأخرى وتصبح سعة الموجة الناتجة تساوي صفراً وهو ما يسمى بالتداخل الإتلاف ، ويكون ناتج عن تراكب قمة موجة مع قعر موجة أخرى .

س/ ما لمقصود بالتداخل البناء ؟ وما شروطه ؟

ج/ هو تداخل سلسلتين من الموجات المتساوية بالتردد والسعة في نقطة واحدة بحيث تقوي إحداهما الأخرى وتصبح سعة الموجة الناتجة ضعف سعة كل منهما .

شروطه : a) أن يكون فرق المسار البصري يعادل أعداداً صحيحة من الطول الموجي .

$\Delta\ell = m\lambda$ $m = 0,1,2,3,\ldots\ldots$

أي أن : $\Delta\ell = \lambda , 2\lambda , 3\lambda \ldots\ldots$

b) أن يكون فرق الطور بين الموجات المتداخلة يعادل صفر أو أعداداً زوجية من π rad .

$\Phi = 0 , 2\pi , 4\pi , 6\pi \ldots\ldots$

س/ ما لمقصود بالتداخل الإتلافي ؟ وما هي شروطه ؟

ج/ هو تداخل سلسلتين من الموجات المتعاكسة بالطور و المتساوية بالسعة في نقطة معينة بحيث تلغي إحداهما تأثير ألأخرى أي أن سعة الموجة الناتجة تساوي صفراً.

شروطه: a) أن يكون فرق المسار البصري يعادل أعداداً فردية من أنصاف الطول الموجي .

$$\Delta\ell = (m + \tfrac{1}{2}) \lambda \qquad m = 0,1,2,3,\ldots$$

أي أن : $\Delta\ell = \frac{1}{2}\lambda\ ,\ 3(\frac{1}{2}\lambda)\ ,\ 5(\frac{1}{2}\lambda)\ldots\ldots..$

b) أن يكون فرق الطور بين الموجات المتداخلة يعادل أعداداً فردية من π rad .

$$\Phi = \pi\ ,3\pi\ ,\ 5\pi\ \ldots\ldots..$$

المسار البصري (ℓ) : هو الإزاحة التي يقطعها الضوء في الفراغ بنفس الفترة التي يقطعها الضوء في الوسط المادي الشفاف .

$$\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1$$

س 2/ هل يمكن للضوء الصادر من المصادر غير المتشاكهه أن يتداخل ؟ وهل يوجد فرق بين المصادر المتشاكهه وغير المتشاكهه ؟

ج : نعم يحدث التداخل البناء و الاتلافي بالتعاقب وبسرعة كبيرة جداً فتشاهد العين اضاءة مستمرة بسبب صفة دوام الابصار ، لأن كلا المصدرين يبعث موجاته بأطوار عشوائية فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور وهذا هو الفرق بين المصادر المتشاكهه وغير المتشاكهه .

س5/ ما الشرط الذي يتوافر في الفرق بطول المسار البصري بين موجتين مشاكهتين متداخلتين في حالة: a - التداخل البناء. b - التداخل الاتلافي.

ج: a- أن يكون فرق المسار البصري يعادل أعداداً صحيحة من الطول الموجي .

$$\Delta\ell = m\lambda \qquad m = 0,1,2,3,\ldots\ldots..$$

أي أن : $\Delta\ell = \lambda\ ,\ 2\lambda\ ,3\lambda\ldots\ldots..$

b- أن يكون فرق المسار البصري يعادل أعداداً فردية من أنصاف الطول الموجي .

$$\Delta\ell = (m + \tfrac{1}{2}) \lambda \qquad m = 0,1,2,3,\ldots$$

أي أن : $\Delta\ell = \frac{1}{2}\lambda\ ,\ 3(\frac{1}{2}\lambda)\ ,\ 5(\frac{1}{2}\lambda)\ldots\ldots..$

ملاحظة 1- يمكن حساب فرق الطور ϕ من فرق المسار البصري $\Delta\ell$ من خلال العلاقة الآتية :

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} . \Delta\ell$$

2- إذا أعطى المسار البصري بدلالة λ نجد فرق المسار البصري ومن ثم نجد الرتبة m باختبار شرطي التداخل فإذا كانت تمثل أعداداً صحيحة (m = 0,1,2,3,...) فشرط التداخل الذي اختبرناه هو الصحيح

مثال(1): في الشكل المجاور مصدران (S_1 , S_2) متشاكهان يبعثان موجات ذات طول موجي ($\lambda = 0.1$m) وتتداخل الموجات الصادرة عنهما عند النقطة P في آن واحد . ما نوع التداخل الناتج عند هذه النقطة عندما تقطع احدى الموجتين مساراً بصرياً قدرة (3.2m) وأخرى تقطع مساراً بصرياً مقداره (3m).

الجواب : نجد الآن فرق المسار البصري : $\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 3 = 0.2\ m$

لمعرفة نوع التداخل يجب أن نجد قيمة m أولا من شرطي التداخل التاليين :

الاحتمال الأول : أن يكون التداخل إتلافي $(\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda)$: $\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$

$$0.2 = (m + \frac{1}{2}) \times 0.1$$

$$m + \frac{1}{2} = \frac{0.2}{0.1} = 2$$

$$m = 2 - \frac{1}{2} = 1.5$$

وهذا لا يحقق شرط التداخل الإتلاف لان قيم (m) يجب أن تكون أعداداً صحيحة مثل (0,1,2,3….)

الاحتمال ألثاني أن يكون التداخل بناءاً $(\Delta\ell = m\lambda)$: $\Delta\ell = m\lambda$

$$0.2 = m \times 0.1$$

$$m = \frac{0.2}{0.1} = 2$$

وهذا يحقق شرط التداخل البناء لان قيم m أعداداً صحيحة أي أن (m = 0,1,2,3,….)

سؤال : بالنسبة للمثال السابق ماذا يحصل عندما :

a- تقطع احدى الموجتين مساراً بصرياً مقداره (3.2m) والأخرى تقطع مساراً بصرياً مقداره (3.05m).

b- تقطع احدى الموجتين مساراً بصرياً مقداره (3.2m) والأخرى تقطع مساراً بصرياً مقداره (2.95m).

a- نجد الآن فرق المسار البصري : $\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 3.05 = 0.15\ m$

لمعرفة نوع التداخل يجب أن نجد قيمة m أولا من شرطي التداخل التاليين :

الاحتمال الأول : أن يكون التداخل بناءاً $(\Delta\ell = m\lambda)$: $\Delta\ell = m\lambda$

$$0.15 = m \times 0.1$$

$$m = \frac{0.15}{0.1} = 1.5$$

وهذا لا يحقق شرط التداخل البناء لان قيم m يجب أن تكون أعداداً صحيحة أي أن (m = 0,1,2,3,….)

الاحتمال ألثاني: أن يكون التداخل إتلافي $(\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda)$: $\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$

$$0.15 = (m + \frac{1}{2}) \times 0.1$$

$$m + \frac{1}{2} = \frac{0.15}{0.1} = 1.5$$

$$m = 1.5 - \frac{1}{2} = 1$$

وهذا يحقق شرط التداخل الاتلاف لان قيم (m) أعداداً صحيحة مثل (m = 0,1,2,3….)

b- (واجب) b- تقطع احدى الموجتين مساراً بصرياً مقداره (3.2m) والأخرى تقطع مساراً بصرياً مقداره (2.95m).

مثال : موجتان متشاكهتان الأولى طول مسارها البصري (2λ) والأخرى (ℓ_2) تتداخلان تداخل اتلافي عند الرتبة الثالثة جد : a- طول مسار الموجة الثانية على فرض أن ($\ell_2 > \ell_1$) ؟
b- فرق الطور بين الموجتين المتداخلتين .

الجواب : a- نجد أولا فرق المسار البصري باستخدام شرط التداخل الإتلاف للرتبة الثالثة (m = 3) :

$$\Delta\ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

$$\Delta\ell = (3 + \frac{1}{2})\lambda = \frac{7}{2}\lambda$$

ثم نجد طول مسار الموجة الثانية باستخدام علاقة فرق المسار البصري : $\Delta\ell = \ell_2 - \ell_1$

$$\frac{7}{2}\lambda = \ell_2 - 2\lambda$$

طول مسار الموجة الثانية $\ell_2 = \frac{7}{2}\lambda + 2\lambda = \frac{7\lambda + 4\lambda}{2} = \frac{11\lambda}{2} = 5.5\,\lambda$

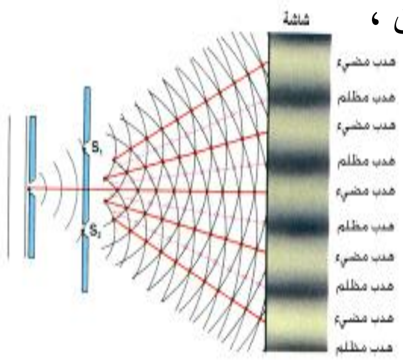
b- نجد الآن فرق الطور باستخدام العلاقة :

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} . \Delta\ell = \frac{2\pi}{\lambda} \times \frac{7}{2}\lambda = 7\pi$$

تجربة شقي يونك

س/ وضح تجربة يونك لإثبات الطبيعة الموجية للضوء . أو لتوضيح التداخل في الضوء .

الجواب /الادوات : حاجز ذو شق منفرد ، حاجز ذو شقين ضيقين متجاورين ، مصدر ضوئي أحادي ، شاشه بيضاء .



الخطوات :
أستعمل يونك حاجزاً ذا شق ضيق أضيء بضوء أحادي اللون ثم أسقط الضوء الصادر عنه على حاجز آخر يحتوي شقين متماثلين ضيقين يسميان بالشق المزدوج يقعان على بعدين متساويين عن الشق ألأول . ثم وضع على بعد بضع أمتار منهما شاشة . وكانت النتيجة تكون مناطق مضيئة ومظلمة على التعاقب اسماها الهدب .

الاستنتاج : يعمل الشقان عمل مصدران للموجات المتشاكهة وبتداخل تلك الموجات الصادرة عنهما تظهر الأهداب المضيئة والمظلمة ، فإذا كان فرق المسار البصري يعادل أعداداً صحيحة من الطول الموجي $d \sin\theta = m\lambda$ ظهرت أهداباً مضيئة (تداخل بناء) ، وإذا كان فرق المسار البصري يعادل أعداداً فردية من أنصاف الطول الموجي $d \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$ ظهرت أهداباً مظلمة (تداخل إتلافي) .
{ $\theta =$ زاوية حيود الرتبة عن الهدب المركزي }

س/ ما هو تفسير ظهور الأهداب المضيئة والمظلمة في تجربة يونك ؟

ج/ يعمل الشقان عمل مصدران للموجات المتشاكهه وبتداخل تلك الموجات الصادرة عنهما تظهر ألأهداب المضيئة والمظلمة ، فإذا كان فرق المسار البصري يعادل أعداداً صحيحة من الطول الموجي $d \sin\theta = m\lambda$ ظهرت أهداباً مضيئة (تداخل بناء) ، وإذا كان فرق المسار البصري يعادل أعداداً فردية من أنصاف الطول الموجي $d \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$ ظهرت أهداباً مظلمة (تداخل إتلافي) .
{ $\theta =$ زاوية حيود الرتبة عن الهدب المركزي }

س/ ما هو شرط الحصول على أهداب التداخل في تجربة يونك ؟
ج/ أن يكون الضوء المستعمل أحادي اللون ، أي أن الشقين (S_1 ,S_2) يعدان كمصدرين متشاكهين بينهما فرق ثابت في الطور .

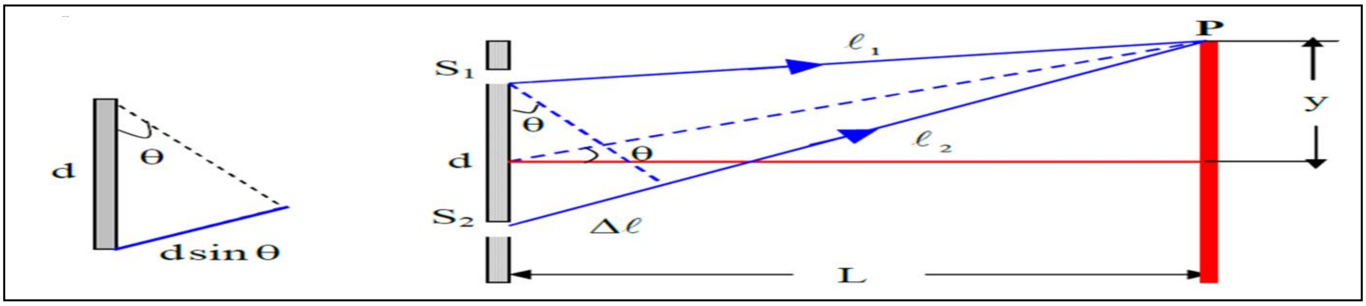
س/ يوجد فرق في الطور بين الموجات المتداخلة في تجربة يونك ، علل ذلك .
ج/ بسبب وجود فرق في المسار البصري بين الموجات المتداخلة للوصول إلى تلك النقطة $d \sin\theta$.

س/ ما سبب ظهور الأهداب المضيئة والمظلمة على شاشة تجربة يونك ؟ وضح ذلك .
ج/ بسبب وجود فرق في المسار البصري بين الموجات المتداخلة للوصول إلى تلك النقطة $d \sin\theta$.
فإذا كان فرق المسار البصري يعادل أعداداً صحيحة من الطول الموجي $d \sin\theta = m\lambda$ ظهرت أهداباً مضيئة (تداخل بناء) ، وإذا كان فرق المسار البصري يعادل أعداداً فردية من أنصاف الطول الموجي $d \sin\theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda$ ظهرت أهداباً مظلمة (تداخل إتلافي) .

س/ ماذا يحدث في تجربة يونك عند استعمال a– ضوء أبيض . b– ضوء غير متشاكه .
ج/ a- يظهر الهدب المركزي بلون ابيض وعلى كل من جانبيه تظهر أطياف مستمرة للضوء ألأبيض يتدرج كل طيف من اللون البنفسجي إلى اللون الأحمر .
b- يحصل التداخل البناء والإتلاف بالتعاقب وبسرعة كبيرة جداً لا تدركهما العين فتشاهد العين إضاءة مستديمة بسبب صفة دوام الإبصار، لان كلاً المصدرين يبعث موجات بأطوار عشوائية متغيرة بسرعة فائقة جداً فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أية نقطة من نقاط الوسط .

س/ على ماذا يعتمد نوع التداخل (نوع الهدب) في أي نقطة على شاشة تجربة يونك ؟ وضح ذلك .
ج/ يعتمد على الفرق بين طول مساريهما البصريين ($d \sin\theta$) للوصول إلى تلك النقطة. فإذا كان فرق المسار البصري يعادل أعداداً صحيحة من الطول الموجي $d \sin\theta = m\lambda$ ظهرت أهداباً مضيئة (تداخل بناء) ، وإذا كان فرق المسار البصري يعادل أعداداً فردية من أنصاف الطول الموجي $d \sin\theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda$ ظهرت أهداباً مظلمة (تداخل إتلافي) .
بعد الشاشة عن الشقين = L ، البعد بين الشقين = d ، زاوية حيود الرتبة عن الهدب المركزي = θ

س3 / مصدران ضوئيان موضوعان الواحد جنب الاخر اسقطت موجات الضوء الصادر عنهما على شاشة معاً لماذا لا يظهر نمط التداخل من تراكب موجات الضوء الصادرة عنهما على الشاشة ؟
ج: لأن كلا المصدرين يبعث موجاته بأطوار عشوائية فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور في أية نقطة من نقاط الوسط فيحدث التداخل البناء والاتلافي بالتعاقب وبصورة سريعة جداً وتشاهد العين اضاءة مستمرة بسبب صفة دوام الابصار .



من الشكل اعلاه نجد أن : $\tan\theta = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \frac{y}{L}$

فيصبح بعد صورة الهدب عن الهدب المركزي y_m : $y_m = L\tan\theta$

وبما أن θ صغيرة المقدار فإن : $\tan\theta \cong \sin\theta$

$\therefore y_m = L\sin\theta$

وكذلك من الشكل فان : $\sin\theta = \Delta\ell / d$

وهذا يعني أن فرق المسار البصري: $\Delta\ell = d\sin\theta$

$\therefore y_m = L\,\Delta\ell / d$

وبما أن فرق المسار البصري للتداخل البناء (الهدب المضيء) هو : $\Delta\ell = m\lambda$

فبهذا تكون المسافة y_m بالنسبة للتداخل البناء (للهدب المضيء) معطاة بالعلاقة :

$$Y_m = \frac{L\lambda}{d} m$$

وبما أن فرق المسار البصري للتداخل الاتلاف (الهدب المظلم) هو :

$$\Delta\ell = (m + \tfrac{1}{2})\lambda$$

فتكون المسافة y_m بالنسبة للتداخل الاتلاف (الهدب المظلم) معطاة بالعلاقة :

$$Y_m = \frac{L\lambda}{d}(m + \tfrac{1}{2})$$

ملاحظة

1- لإيجاد بعد الهدب عن الهدب المركزي (Y_m) أو الطول الموجي λ أو البعد بين الشقين d أو بعد الشاشة عن الشقين L فإن :

للمضيء $, (m = 0, \pm1, \pm2, \pm3, ...)$ $\quad Y_m = \frac{L\lambda}{d} m$

للمظلم $, (m = 0, \pm1, \pm2, \pm3, ...)$ $\quad Y_m = \frac{L\lambda}{d}(m + \frac{1}{2})$

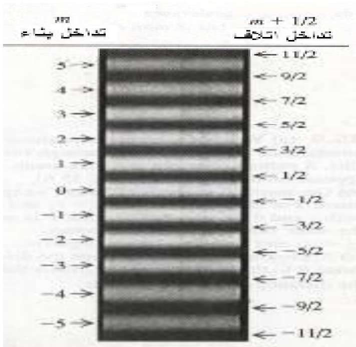
2- لإيجاد المسافة الفاصلة بين الهدب المتجاورة ΔY فإن : $\Delta Y = \frac{L\lambda}{d}$

وكذلك : $\Delta Y = Y_{m+1} - Y_m$

3- يجب تحويل كافة الأطوال إلى المتر وكالآتي :

$1A^{\circ} = 10^{-8}m$ ، $1pm = 10^{-12}m$ ، $1nm = 10^{-9}m$ ، $1\mu m = 10^{-6}m$ ، $1mm = 10^{-3}m$

4- رتبة الهدبة المركزية ($m = 0$) وعلى جانبيها أهداب مضيئة ومظلمة بالتعاقب ألأقرب فالأقرب



س/ أثبت أن : $\Delta Y = \frac{L\lambda}{d}$.

ج/ بما أن : $\Delta Y = Y_{m+1} - Y_m$

وبما أن : $Y_m = \frac{L\lambda}{d} m$

إذن : $\Delta Y = \frac{L\lambda}{d}(m + 1) - \frac{L\lambda}{d} m$

$$\Delta Y = \frac{L\lambda}{d}m + \frac{L\lambda}{d} - \frac{L\lambda}{d}m$$

إذن : $$\Delta Y = \frac{L\lambda}{d}$$

س/ ما هي العوامل التي تعتمد عليها المسافة الفاصلة بين الأهداب ؟

ج/ من العلاقة : $\Delta Y = \frac{L\lambda}{d}$ فإن المسافة الفاصلة بين الأهدب المتتالية تعتمد على : -

1- البعد بين الشاشة والشقين L حيث $\Delta Y \propto L$ بثبوت (λ , d)

2- طول موجة الضوء المستعمل λ حيث $\Delta Y \propto \lambda$ بثبوت (L , d)

3- البعد بين الشقين d حيث $\Delta Y \propto \frac{1}{d}$ بثبوت (L , λ)

س/ ماذا يحدث لفاصلة الهدب ؟ ولماذا ؟ في الحالات ألآتية :

1- عندما يزداد مقدار البعد بين الشقين .

2- يزداد بعد الشاشة عن الشقين .

ج/1- يقل مقدار ΔY لأنها تتناسب عكسياً مع البعد بين الشقين حيث $\Delta Y \propto \frac{1}{d}$ بثبوت (L , λ).

2- يزداد مقدار ΔY لأنها تتناسب طردياً مع البعد بين الشاشة والشقين $\Delta Y \propto L$ بثبوت (λ , d) .

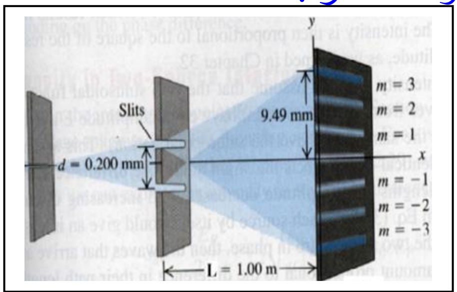
س4/ لو أجريت تجربة يونك تحت سطح الماء، كيف يكون تأثير ذلك في طراز التداخل ؟

ج: يقل مقدار فاصلة الهدب ΔY لأنها تتناسب طرديا مع الطول الموجي $\Delta Y \propto \lambda$ على وفق العلاقة : $\Delta Y = \frac{L\lambda}{d}$ والذي يقل عند انتقال الضوء من الهواء الى الماء .

فكر: في حالة استعمالك لضوءٍ احمر في تجربة شقي يونك ستشاهد أن المسافات بين هدب التداخل اكبر مما هي عليه في حال استعمال الضوء الأزرق، لماذا ؟

ج/ لأن الطول الموجي للضوء ألأحمر أكبر مما عليه للضوء الأزرق والمسافة الفاصلة تتناسب طردياً مع الطول الموجي $\Delta Y \propto \lambda$ فيكون مقدارها أكبر في حالة استعمال الضوء الأحمر .

مثال (2) / إذا كان البعد بين شقي تجربة يونك يساوي 0.2mm وبعد الشاشة عنهما يساوي 1m . وكان بعد الهدب الثالث المضيء عن الهدب المركزي يساوي 9.49mm ، كما في الشكل . أحسب طول موجة الضوء المستعمل في هذه التجربة ؟



الجواب :

بما أن الهدب هو الهدب المضيء الثالث (m = 3) لدينا العلاقة :

$$Y_m = \frac{L\lambda}{d}m$$

$$\lambda = \frac{y_m\, d}{L\, m} = \frac{9.49\times10^{-3}\times0.2\times10^{-3}}{1\times3} = \frac{1898}{3}\times 10^{-9} = 623.66\ nm = 633\ nm$$

فكر / هل أن الهدب المضيء الثالث (m = -3) يعطي الطول الموجي نفسه ؟

الجواب : نعم ، لأن كلا الهدابين (m = 3 , m = -3) هما صورتان للشق الأول ولنفس الطول الموجي

عندما m = -3 فإن : y_m = - 9.49 mm

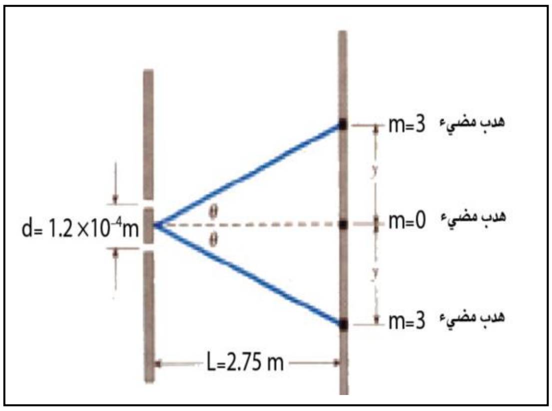
$$\lambda = \frac{y_m\, d}{L\, m} = \frac{-9.49\times10^{-3}\times0.2\times10^{-3}}{1\times-3} = \frac{1898}{3}\times 10^{-9} = 623.66\ nm = 633\ nm$$

مثال (3) / في الشكل المجاور ، استعمل ضوء أحمر طوله الموجي ($\lambda = 664\ nm$) في تجربة يونك وكان البعد بين الشقين ($d = 1.2 \times 10^{-4}\ m$) وبعد الشاشة عن الشقين ($L = 2.75\ m$) . جد المسافة y على الشاشة بين الهدب المضيء ذي المرتبة الثالثة عن الهدب المركزي . علماً أن :

$\tan 0.951 = 0.01656$, $\sin 0.951 = 0.0166$

الجواب : الطريقة الأولى :

نحسب أولاً قياس الزاوية θ للمرتبة المضيئة الثالثة ($m = 3$) من علاقة فرق الطور للهدب المضيء :



$$d \sin \theta = m\lambda$$

$$1.2 \times 10^{-4} \sin\theta = 3 \times 664 \times 10^{-9}$$

$$\sin\theta = \frac{3 \times 664 \times 10^{-9}}{12 \times 10^{-5}} = 166 \times 10^{-4} = 0.0166$$

$$\theta = 0.951$$

ثم نجد المسافة y من العلاقة :

$$y = L \times \tan \theta$$

$$y = 2.75 \times \tan 0.951$$

$$y = 2.75 \times 0.01656$$

$$y = 0.04556\ m$$

بعد الهدب المضيء الثالث عن الهدب المركزي $y = 4.56\ cm$

الطريقة الثانية :

لدينا العلاقة الآتية :

$$Y_m = \frac{L\lambda}{d} m = \frac{2.75 \times 664 \times 10^{-9}}{12 \times 10^{-5}} \times 3 = \frac{2.75 \times 664 \times 10^{-4}}{4}$$

$$= 2.75 \times 166 \times 10^{-4} = 456.5 \times 10^{-4} = 0.04565\ m = 4.565\ cm$$

س (1) / وضعت شاشة على بعد (4.5m) من حاجز ذو شقين وأضيء الشقان بضوء أحادي اللون طول موجته في الهواء ($\lambda = 490nm$) فكانت المسافة الفاصلة بين مركز الهداب المركزي المضيء ومركز الهداب ذو المرتبة ($m = 1$) المضيء تساوي (4.5cm) ، ما مقدار البعد بين الشقين ؟

الجواب : لدينا العلاقة $Y_m = \frac{L\lambda}{d} m$ يمكن كتابتها بالشكل الآتي : $d = \frac{L\lambda}{y_m} m$

$$d = \frac{4.5 \times 490 \times 10^{-9}}{4.5 \times 10^{-2}} \times 1 = 490 \times 10^{-7} = 49 \times 10^{-6}\ m = 49\ \mu m$$

مثال (واجب)// شقين ضيقين متوازيين البعد بينهما 0.5mm وضعت شاشة على بعد 5m منهما فاذا أضيء الشقان بضوء متشاكه كانت المسافة بين الهدب المتجاورة 0.25 cm جد طول موجة الضوء المستعمل ؟

التداخل في الأغشية الرقيقة

س/ قد تتلون بقع الزيت الطافية على سطح الماء بألوان زاهية ، علل ذلك.

ج/ بسبب التداخل الحاصل بين موجات الضوء ألأبيض المنعكسة عن سطحي الغشاء الرقيق الأمامي والخلفي .

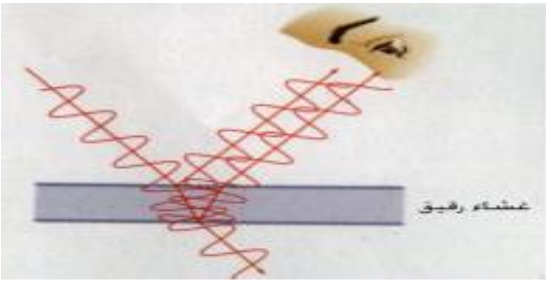
س/ قد تتلون فقاعة الصابون بألوان الطيف الشمسي .

ج/ بسبب التداخل الحاصل بين موجات الضوء ألأبيض المنعكسة عن سطحي الغشاء الرقيق ألأمامي والخلفي .

س/ ما هي العوامل التي يتوقف عليها نوع التداخل في ألأغشية الرقيقة ؟

ج/ a- **سمك الغشاء الرقيق** : حيث أن الموجات المنعكسة عن السطح الخلفي للغشاء تقطع مساراً إضافياً يعادل ضعف سمك الغشاء (2nt) .

b- **انقلاب الطور** : فالموجات المنعكسة عن السطح الامامي للغشاء تعاني انقلاباً بالطور مقداره π rad .





س/ علل ، يعاني الشعاع المنعكس عن السطح الأمامي انقلاباً بالطور مقداره π.

ج/ لأن كل موجة تنعكس عن وسط معامل انكساره أكبر من معامل انكسار الوسط الذي قدمت منه يحدث لها انقلاباً بالطور مقداره π rad .

ملاحظة فرق المسار البصري بين الشعاعين المنعكسين عن سطحي الغشاء الرقيق

($\Delta\ell$) = ضعف سمك الغشاء الرقيق 2nt + نصف طول الموجة $\frac{\lambda}{2}$.

$$\Delta\ell = 2nt + \frac{\lambda}{2}$$

س/ ماهو شرط التداخل البناء (أهداب مضيئة) في ألأغشية الرقيقة ؟

ج/ 1- أن يكون سمك الغشاء يعادل أرباعاً فردية للطول الموجي : $nt = 1(\frac{1}{4}\lambda) , 3(\frac{1}{4}\lambda) , 5(\frac{1}{4}\lambda)$

2- أن يكون فرق المسار البصري يعادل أعداداً صحيحة من الطول الموجي :

$$\Delta\ell = 2nt + \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta\ell = \lambda , 2\lambda , 3\lambda , \ldots$$

3- أن يكون فرق الطور يعادل أعداداً زوجية من π rad :

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} . \Delta\ell$$

$$\phi = 2\pi , 4\pi , 6\pi \ldots\ldots$$

س/ ما هو شرط التداخل ألإتلافي (أهداب مظلمة) في الأغشية الرقيقة ؟

ج/ 1- أن يكون سمك الغشاء يعادل أرباعاً زوجية للطول الموجي :

$$nt = 0 , 2(\frac{1}{4}\lambda) , 4(\frac{1}{4}\lambda) , 6(\frac{1}{4}\lambda) , \ldots$$

2- أن يكون فرق المسار البصري يعادل أعداداً فردية من أنصاف الطول الموجي :

$$\Delta\ell = 2nt + \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta\ell = \frac{1}{2}\lambda \,,\, 3(\frac{1}{2}\lambda) \,,\, 5(\frac{1}{2}\lambda)........$$

3- أن يكون فرق الطور يعادل أعداداً فردية من π rad :

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda}.\Delta\ell$$

$$\phi = \pi \,, 3\pi \,, 5\pi \,........$$

س/ عندما يزداد حجم فقاعة الصابون ويصبح جدارها رقيقاً جداً فإن الجزء الأكثر رقة من الجدار يكون بلون أسود ، علل ذلك .

ج/ لأن سمك فقاعة الصابون يكون قريباً جداً من الصفر $nt \approx 0$ و $2nt = 0$

$\Delta\ell = 2nt + \frac{\lambda}{2} = 0 + \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2}$ وبذلك يكون التداخل إتلافي في تلك المنطقة فتظهر بلون أسود .

ملاحظة **يقل طول موجة الضوء عند انتقاله في وسط شفاف بنسبة n (معامل انكسار الوسط الشفاف) حيث يعطى بالعلاقة : $\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$ أي أن $\lambda_n \propto \frac{1}{n}$**

س/ علل يقل طول موجة الضوء عند انتقاله من الهواء إلى وسط مادي شفاف .

ج/ لأن طول موجة الضوء يتناسب عكسياً مع معامل انكسار الوسط ($\lambda_n \propto \frac{1}{n}$) الذي يكون اكبر من معامل انكسار الهواء .

مثال (وزاري) // اذا كان سمك غشاء فقاعة الصابون يعادل (**0.75 λ**) فما هو نوع التداخل في تلك النقطة ؟ وكم هو فرق الطور بين الموجات المتداخلة ؟

الجواب : نضرب سمك الغشاء الرقيق × الكسر ($\frac{4}{4}$) : $nt = 0.75\,\lambda \times \frac{4}{4} = \frac{3}{4}\lambda$

وبما أن سمك الغشاء الرقيق ($\frac{3}{4}\lambda$) يعادل أعدادا فردية من الطول الموجي فان التداخل هو تداخل بناء وبما أن فرق المسار البصري يعطى بالعلاقة :

$$\Delta\ell = 2nt + \frac{\lambda}{2} = 2 \times \frac{3}{4}\lambda + \frac{\lambda}{2} = \frac{3\,\lambda}{2} + \frac{\lambda}{2} = \frac{4\,\lambda}{2} = 2\,\lambda$$

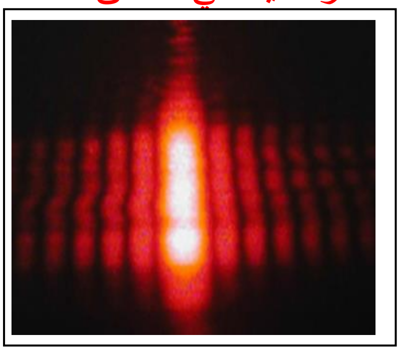
ولحساب فرق الطور بين الموجات المتداخلة لدينا العلاقة : $\phi = \frac{2\pi}{\lambda}.\Delta\ell = \frac{2\pi}{\lambda} \times 2\lambda = 4\,\pi$

مثال (واجب) : اذا كان سمك الغشاء الرقيق هو (2.5 λ) فما هو نوع التداخل في تلك النقطة ؟ وكم هو فرق الطور بين الموجات المتداخلة ؟

الحيود

س/ ما هو الحيود ؟ وما هو شرطه ؟

ج/ هو ظاهرة انعطاف الضوء خلف الحواجز الحادة التي تعترض مساره وانتشاره قليلاً في مناطق ظلاله الهندسية . **شرطه** : أن يكون سمك الحاجز صغيراً بالنسبة للطول الموجي .



س/ اشرح نشاط يوضح ظاهرة الحيود في الضوء .

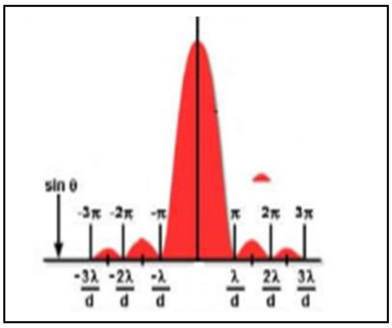
الادوات : لوح زجاج ، دبوس ، دهان أسود ، مصدر ضوئي أحادي اللون .

الخطوات :

- ادهن لوح الزجاج بالدهان الأسود .
- اعمل شق رفيعاً في لوح الزجاج باستعمال رأس الدبوس .
- انظر من خلال الشق الى المصدر الضوئي ، نلاحظ مناطق مضيئة تتخللها مناطق معتمة وان المنطقة الوسطى عريضة وشديدة الإضاءة وان الهدب المضيئة تقل شدتها ويتناقص عرضها بالتدريج عند الابتعاد عن الهدب المركزي المضيء .

الاستنتاج :

نستنتج أن ظهور مناطق مضيئة وأخرى مظلمة على جانبي الفتحة تدل على أن الضوء يحيد عن مساره . وأن شروط الحصول على هدب معتمة او هدب مضيئة من شق منفرد هو كما يأتي :



- الشرط اللازم للحصول على هدب معتم هو : $\ell . \sin\theta = m\lambda$
- الشرط اللازم للحصول على هدب مضيء هو : $\ell . \sin\theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda$

ℓ= يمثل عرض الشق . $m = \pm 1 , \pm 2 , \pm 3 ,.......$

ملاحظة

إن شرط الحصول على أهداب مضيئة في ظاهرة الحيود من شق منفرد هو:

$$\ell . \sin\theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda$$

وشرط الحصول على أهداب معتمة في ظاهرة الحيود من شق منفرد هو :

$$\ell . \sin\theta = m\lambda$$

حيث أن ℓ هو عرض الشق و :- $m = \pm1,\pm2,\pm3....$

س/7 ما التغير الذي يحصل في عرض المنطقة المركزية المضيئة لنمط الحيود من شق واحد عندما نجعل عرض الشق يضيق أكثر؟

الجواب / يزداد عرض الهدب المركزي المضيء ويكون اقل شدة على وفق العلاقة :

$\ell \,.\, \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$

$\ell \propto \frac{1}{\sin\theta}$

محــــزز الحــيود

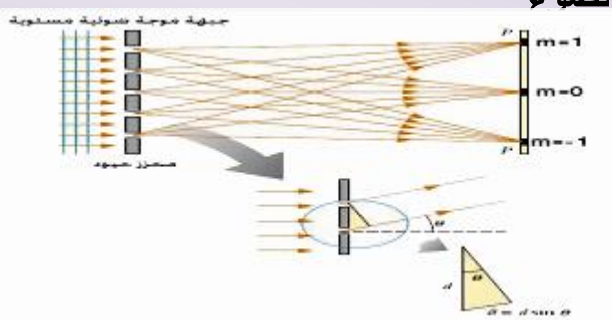
محزز الحيود : هو عبارة عن لوح زجاجي يحتوي على عدد كبير من الحزوز التي تتراوح بين $(1000 - 10000)\ \frac{line}{cm}$ يستعمل لتحليل الضوء وقياس الطول الموجي بدقة عالية .

ثابت المحزز(d) : هو البعد بين كل حزين متتالين في محزز الحيود ويقاس بوحدة $\frac{cm}{line}$.

$d = \frac{w}{N}$

W= عرض المحزز ، N = عدد الحزوز

ملاحظة 1- الحزوز لا تنفذ الضوء بينما المسافات الفاصلة بين الحزوز تعمل عمل شقوق منفصلة ينفذ الضوء من خلالها .



2- فرق المسار البصري $\Delta\ell$ يعطى بالعلاقة: $\Delta\ell = d \sin\theta$.

س/ ما هو شرط الحصول على تداخل بناء في محزز الحيود ؟

ج/ إذا كان فرق المسار البصري $d \sin\theta$ يعادل أعداداً صحيحة من λ فالتداخل بناء

$d \sin\theta = m\lambda$ $\quad m = +1 , +2 , +3 \ldots\ldots\ldots$

س/ ما هو شرط الحصول على تداخل إتلافي ؟

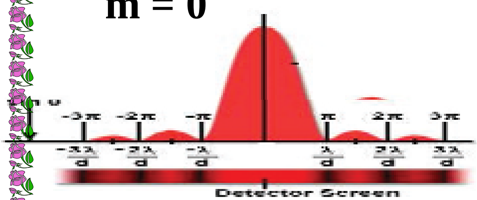
ج/ إذا كان فرق المسار البصري $d \sin\theta$ يعادل أعداداً فردية من أنصاف الطول الموجي فالتداخل إتلافي .

$d \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$ $\quad m = +1 , +2 , +3 \ldots\ldots\ldots$

س/ ما لفائدة العملية للمطياف ؟

ج/ يستعمل لحساب الطول الموجي الأحادي .

ملاحظة تكون شدة الإضاءة في قيمتها العظمى عند النقطة المركزية وتقل كلما ابتعد الهدب عن الهدبة المركزية .



ملاحظات لحل مسائل محزز الحيود

1- لحساب الطول الموجي أو زاوية الحيود للهدب المضيء فإن : $d \sin\theta = m\lambda$

وللهدب المظلم : $d \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$

2- يجب تحويل كافة الأطوال إلى وحدة cm وكالآتي :

$1mm = 10^{-1}cm$, $1\mu = 10^{-4}cm$

, $1nm = 10^{-7}cm$, $1pm = 10^{-10}cm$

3- الهدبة المركزية تأخذ الرتبة $m = 0$

4- أعلى رتبة للهدب m_{max} تقابلها زاوية حيود مقدارها 90° .

5- العدد الكلي للأهداب = (أعلى رتبة × 2) + 1   عدد الاهداب $= 2m_{max} + 1$

مثال(4)/ ضوء أحادي اللون من ليزر هيليوم - نيون طوله الموجي (λ= 632.8 nm) يسقط عموديا على محزز حيود يحتوي السنتيمتر الواحد منه على (6000 line/cm). جد زوايا الحيود (θ) للمرتبة الأولى والثانية المضيئة . علماً أن : $\sin 49° = 0.7592$, $\sin 21.3° = 0.3796$

الجواب:

نجد ثابت المحزز d باعتبار أن عرض المحزز 1cm وعدد حزوزه 6000 line :

$$d = \frac{w}{N} = \frac{1}{6000}\ (\frac{cm}{line})$$

(1) ثم نجد زاوية حيود المرتبة الأولى (m = 1) : $d \sin\theta = m\lambda$

$$\sin\theta_1 = \frac{m\,\lambda}{d} = \frac{1 \times 632.8 \times 10^{-7}}{\frac{1}{6000}}$$

$$= 632.8 \times 6000 \times 10^{-7} = 3796800 \times 10^{-7} = 0.37968$$

زاوية حيود المرتبة الأولى : $\therefore \theta_1 = 21.3°$

(1) ثم نجد زاوية حيود المرتبة الثانية (m = 2) : $d \sin\theta = m\lambda$

$$\sin\theta_2 = \frac{m\,\lambda}{d} = \frac{2 \times 632.8 \times 10^{-7}}{\frac{1}{6000}}$$

$$= 2 \times 632.8 \times 6000 \times 10^{-7} = 2 \times 0.37968 = 0.75936$$

زاوية حيود المرتبة الثانية : $\therefore \theta_2 = 49°$

مثال // محزز حيود طوله 4cm يحتوي على 20000 line استعمل لقياس الطول الموجي لضوء أحادي فوجد أن زاوية حيود المرتبة الثانية هي 37° فكم هو طول موجة الضوء المستعمل .

الجواب:

نجد ثابت المحزز باستعمال العلاقة :

$$d = \frac{w}{N} = \frac{4}{20000} = \frac{1}{5000} = 0.2 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-4}\ (\frac{cm}{line})$$

نجد طول موجة الضوء المستعمل باستخدام العلاقة : $d \sin\theta = m\lambda$

$$\lambda = \frac{d \sin\theta}{m} = \frac{2 \times 10^{-4} \times \sin 37°}{2}$$

$$= 10^{-4} \times 0.6 = 0.600 \times 10^{-4} = 600 \times 10^{-7} cm = 600\ nm$$

س(2) // ضوء أبيض تتوزع مركبات طيفه بواسطة محزز حيود فإذا كان للمحزز 2000 line/ cm . ما قياس زاوية حيود المرتبة الأولى للضوء الأحمر ذي الطول الموجي ($\lambda = 640$ nm) . اذا علمت أن: $\sin 7.5 = 0.128$

الجواب : نجد ثابت المحزز باعتبار أن عرض المحزز 1cm وعدد حزوزه 2000 line :

$$d = \frac{w}{N} = \frac{1}{2000}\ (\frac{cm}{line})$$

ثم نجد زاوية حيود المرتبة الأولى (m = 1) :

$$d \sin\theta = m\lambda$$

$$\sin\theta_1 = \frac{m\,\lambda}{d} = \frac{1 \times 640 \times 10^{-7}}{\frac{1}{2000}}$$

$$= 640 \times 2000 \times 10^{-7} = 1280000 \times 10^{-7} = 0.128$$

$$\therefore \theta_1 = 7.5°$$

مثال (واجب) : محزز حيود طوله 6cm اسقط عليه ضوء أحادي طوله الموجي 480nm فوجد أن زاوية حيود المرتبة الثالثة هي 37° ، فكم هو عدد الحزوز التي يحتويها المحزز .

مثال : محزز حيود طوله 3cm يحتوي على 12000 line اسقط عليه ضوء احادي طوله موجي 5000 nm جد :

1) اعلى رتبة يمكن رؤيتها للهدب المضيء. 2) العدد الكلي للأهداب .

الجواب:1- نجد أولا ثابت المحزز d من العلاقة :

$$d = \frac{w}{N} = \frac{3}{12000} = \frac{1}{4} \times 10^{-3} = 0.25 \times 10^{-3} = 25 \times 10^{-5}\ (\frac{cm}{line})$$

ان زاوية حيود أعلى رتبة هي 90° فنجد رقم أعلى رتبة للهدب المضيء من العلاقة : $d \sin\theta = m\lambda$

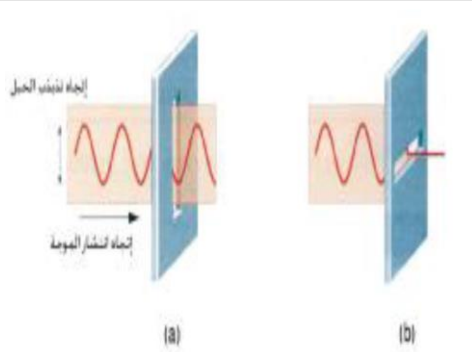
أعلى رتبة للهدب المضيء $m_{max} = \frac{d \sin\theta}{\lambda} = \frac{25 \times 10^{-5} \times \sin 90°}{500 \times 10^{-7}} = \frac{5 \times 10^{-5} \times 1}{10^{-5}} = 5$

2- عدد الأهداب $\text{عدد الاهداب} = 2m_{max} + 1 = 2 \times 5 + 1 = 11$

الاستقطاب

هو عملية جعل مستوى اهتزاز المجال الكهربائي للموجة الكهرومغناطيسية باتجاه واحد عمودياً على اتجاه انتشار الموجة . **وتدل ظاهرة الاستقطاب** على أن الموجات الكهرومغناطيسية موجات مستعرضة .

اللوح المستقطب : هو عبارة عن بلورة تورمالين تترتب فيها الجزيئات بشكل سلسلة طويلة بحيث تسمح بمرور الموجات الضوئية التي يكون مستوى اهتزاز مجالها الكهربائي عمودي على خط تلك السلسلة وتمتص باقي الموجات .



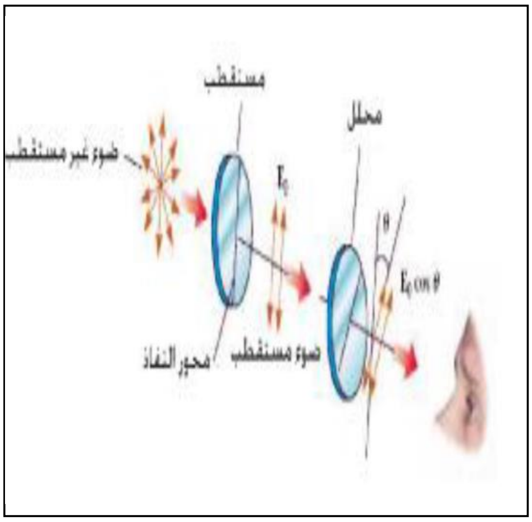
س/ أشرح نشاط يوضح عملية استقطاب الموجات ؟

الادوات: حبل مثبت من احد طرفيه بجدار ، حاجز ذو شق.

خطوات النشاط:

- نمرر الطرف السائب للحبل عبر شق الحاجز، بحيث نجعل الشق طوليا نحو الأعلى و عموديا مع الحبل.
- نشد الحبل ثم ننتره لتوليد موجة مستعرضة منتقلة فيه . نشاهد ان الموجة المستعرضة قد مرت من خلال الشق· .
- نجعل الشق بوضع افقي ثم نشد الحبل وننتره ، نشاهد ان الموجة المستعرضة المتولدة في الحبل لا يمكنها المرور من خلال الشق .

ملاحظة: يمكن التوصل إلى النتيجة نفسها مع موجات الضوء ، اذا استعملنا شريحة من التورمالين و هي مادة شفافة تسمح بمرور موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجالها الكهربائي بالاتجاه العمودي وتحجب موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجالها الكهربائي بالاتجاه الأفقي وذلك بامتصاصها داخلياً.



س/ اشرح نشاط يوضح عملية استقطاب موجات الضوء ؟

أدوات النشاط:

شريحتان من التورمالين ، مصدر ضوئي

خطوات النشاط:

- خذ شريحة من التورمالين وضعها في طريق مصدر الضوء· .
- قم بتدوير الشريحة حول المحور المار من وسطها والعمودي عليها ستلاحظ ان شدة الضوء النافذ لا تتغير.
- ضع شريحتين من التورمالين كما موضح في الشكل قم بتثبيت أحداهما وتدوير ال شريحة الاخرى ببطء حول الحزمة الضوئية ستلاحظ ان شدة الضوء النافذ منها ستتغير.

الاستنتاج: ان الضوء غير المستقطب هو موجات مستعرضة يهتز مجالها الكهربائي في الاتجاهات جميعها ، وبلورة التورمالين تترتب فيها الجزيئات بشكل سلسلة طويلة اذ لا يسمح بمرور الموجات الضوئية الا اذا كان مستوي اهتزاز مجالها الكهربائي عمودي على خط السلسلة بينما تقوم بامتصاص باقي الموجات وهذه العملية تسمى لاستقطاب والموجات الضوئية تسمى موجات ضوئية مستقطبة . وتسمى الشريحة التي تقوم بهذه العملية المُستقطب والشريحة الثانية بالمحلل.

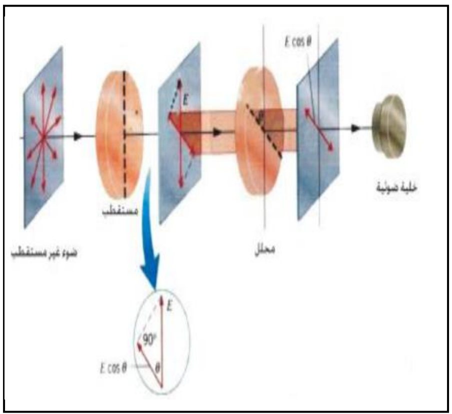
س/ تتغير شدة الإضاءة عند تدوير الشريحة الثانية في تجربة استقطاب موجات الضوء علماً أن لها التركيب نفسه . علل ذلك .

ج/ لأن الضوء الساقط عليها هو ضوء مستقطب يهتز مجاله الكهربائي باتجاه واحد عمودياً على اتجاه انتشار الموجة . ينفذ من الشريحة عندما يكون مستوى اهتزاز مجاله الكهربائي عمودياً على خط السلسلة ولا ينفذ إذا كان مستوى اهتزاز مجاله الكهربائي موازٍ لذلك الخط (عمودياً على المحور البصري) .

الضوء المستقطب : موجة كهرومغناطيسية يكون تذبذب مجالها الكهربائي باتجاه واحد عمودياً على اتجاه انتشار تلك الموجة .

الضوء غير المستقطب : موجة كهرومغناطيسية يكون تذبذب مجالها الكهربائي باتجاهات عشوائية عمودياً على اتجاه انتشار الموجة .

س/ اشرح نشاط يوضح المادة المستقطبة وشدة الضوء المستقطب النافذ من خلالها .



أدوات النشاط:

مصدر ضوئي احادي اللون ، شريحتان من مادة التورمالين.

خطوات النشاط:

- نضع المصدر الضوئي امام اللوح المستقطب ثم نضع اللوح الثاني المحلل خلفها نلاحظ تناقص شدة الضوء النافذ خلال اللوحين.
- نقوم بتدوير اللوح المحلل حتى تنعدم شدة الضوء تماما(لاحظ الشكل)

الاستنتاج

ان الضوء الاعتيادي النافذ من خلال اللوح المستقطب قد استقطب استوائيا وقلت شدته ، وعند نفوذه من اللوح المحلل قلت شدته اكثر .عند تدوير اللوح المحلل عند وضع معين له نجد ان شدة الضوء تختفي تماما عند النظر من خلاله و هذا يدل على ان الضوء المستقطب قد حجبه المحلل بالكامل (لاحظ الشكل)

س/ يكون الضوء الصادر من المصادر ألاعتيادية غير مستقطب . علل ذلك.

ج/ لأن تلك المصادر ترسل ضوء تكون مستويات اهتزاز مجاله الكهربائي باتجاهات عشوائية عمودياً على خط انتشار تلك الموجة .

س/ وضح كيف يمكن التمييز عملياً بين الضوء غير المستقطب و المستقطب والمستقطب جزئياً .

ج/ نسقط الحزمة الضوئية على لوح محلل ونعمل على تدويره ونلاحظ حزمة الضوء الخارجة منه :

a- إذا قلت شدة الضوء النافذ من المستقطب ثم بقيت ثابتة عند التدوير فإن الضوء الساقط هو ضوء غير مستقطب

b- إذا اختفت شدة الضوء النافذ تماماً في وضعية معينة فإن الضوء الساقط مستقطب .

c- إذا قلت شدة الضوء النافذ ثم بقيت تتذبذب فإن الضوء الساقط مستقطب جزئياً .

س/ وضع لوح مستقطب وآخر محلل متوازيان وبصورة عمودية على خط انتشار ضوء غير مستقطب ، فإذا وضع لوح مستقطب ثالث بينهما فهل سيمر الضوء خلال المجموعة ؟

ج/ نعم ، سيمر في جميع الحالات و لا يمر فقط إذا كان محور النفاذ للمستقطب الثالث عمودياً على محور نفاذ أحد المستقطبين ألآخرين .

س/ لوحان قطبيان متوازيان سقط ضوء اعتيادي على أحدهما فنفذ منه ولم ينفذ من ألآخر . ما هو تفسيرك لهذه الحالة ؟ وكيف يمكن جعل الضوء النافذ من ألأول ينفذ من الثاني ؟

ج/ إن سبب ذلك هو أن محوري نفاذ اللوحين متعامدين فالضوء النافذ من ألأول لا ينفذ من ألثاني . ولكي نجعل الضوء النافذ من ألأول ينفذ من الثاني أما أن نضع بينهما لوح مستقطب ثالث بحيث يكون محور نفاذه مائلاً بالنسبة لأي من اللوحين . أو أن ندور أحدهما بحيث يصبح محور نفاذه موازياً بالنسبة لمحور الآخر .

طرائق الاستقطاب

المحور البصري / هو محور وهمي موجود في البلورة المستقطبة بحيث تسمح للموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية بصورة موازية لذلك المحور بالمرور من خلالها وتمتص الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية باتجاهات عمودية على ذلك المحور .

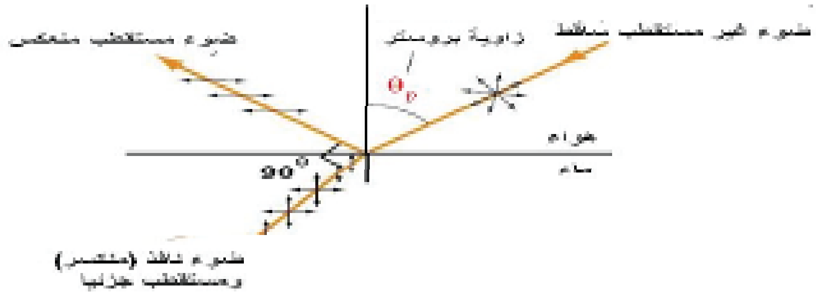
أولاً : **الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي** : هي قابلية بعض المواد على السماح للموجات التي يكون مستوى اهتزاز مجالاتها الكهربائية موازٍ للمحور البصري للبلورة بالمرور من خلالها وعدم السماح للموجات التي يكون مستوى اهتزاز مجالها الكهربائي عمودياً على المحور البصري للبلورة بالمرور من خلالها .

المواد النشطة بصريا: هي المواد التي لها القابلية على تدوير مستوى استقطاب الضوء المار من خلالها بزاوية تدعى زاوية الدوران البصري مثل محلول السكر و التربنتين .

زاوية الدوران البصري : هي الزاوية المحصورة بين مستوى استقطاب الضوء الساقط على المواد النشطة بصرياً ومستوى استقطاب الضوء النافذ من تلك المواد . **وتعتمد** على :

1- نوع المادة . 2- سمكها . 3- تركيز المحلول . 4- طول موجة الضوء المار من خلالها .

ثانياً : **الاستقطاب بالانعكاس** : هي عملية استقطاب الضوء بعد سقوطه على سطح عاكس بزاوية معينة تدعى زاوية بروستر (زاوية الاستقطاب) ويكون عندها مستوى استقطاب الضوء المنعكس موازٍ للسطح العاكس .



س/ هل إن الضوء الساقط عمودياَ على سطح الماء الهادئ أو الزجاج يكون مستقطب ؟ ولماذا ؟

ج/ كلا ، لأن الاستقطاب بالانعكاس يعتمد على زاوية السقوط والتي تساوي صفر في مثل تلك الحالة .

س/ على ماذا تعتمد درجة استقطاب الضوء بطريقة الاستقطاب بالانعكاس .

ج/ تعتمد درجة استقطاب الضوء بطريقة الاستقطاب بالانعكاس على زاوية سقوط الضوء على السطح العاكس .

س/ ما لمقصود بزاوية بروستر ؟ وما شرطها ؟ وعلى ماذا تعتمد ؟

ج/ هي زاوية سقوط الضوء غير المستقطب على السطح العاكس والتي يكون عندها الشعاع المنعكس مستقطب استوائياً كلياً وعمودياً على الشعاع المنكسر المستقطب جزئياً .

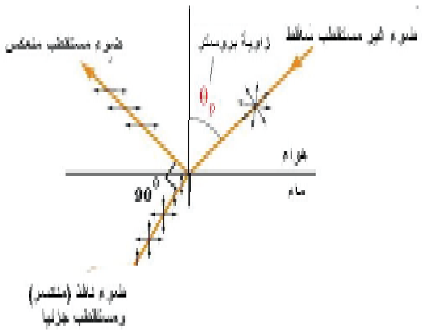
شرطها :- أن تكون الزاوية بين الشعاع المنعكس والمنكسر تساوي 90^{o}

وتعتمد على معامل انكسار الوسط العاكس (n) $\tan \theta_p = n$

ملاحظة 1- زاوية السقوط = زاوية الانعكاس
2- زاوية الانعكاس + زاوية الانكسار = 90^{o}
3- إذا ذكر أن الشعاع المنعكس مستقطب كلياً أو
أن الشعاعين المنعكس والمنكسر متعامدان فإن زاوية السقوط = زاوية بروستر (θ_p) .
4- إذا ذكر أن الشعاع الضوئي سقط بزاوية حرجة θ_C فإن : $n = \frac{1}{\sin\theta_C}$.

مثال// سقط ضوء غير مستقطب على سطح ماء هادئ فانعكس عن سطح الماء وهو مستقطب استوائياً كلياً بحيث كانت زاوية الانكسار 37° احسب معامل انكسار الماء .

الجواب:



بما أن : 90^{o} = زاوية الانعكاس + زاوية الانكسار
فإن : زاوية الانعكاس = 90 – زاوية الانكسار = 90 – 37 = 53°
وبما أن الشعاع المنعكس مستقطب كلياً فان :
زاوية الاستقطاب (θ_p) = زاوية الانعكاس = 53°
نحن لدينا العلاقة : $n = \tan\theta_p = \tan 53° = \frac{4}{3} = 1.33$

س3 : سقطت حزمة ضوئية على سطح عاكس بزوايا سقوط مختلفة القياس وقد تبين أن الشعاع المنعكس اصبح مستقطبا كلياً عندما كانت زاوية السقوط 48° احسب معامل الانكسار للوسط ؟
علما أن : $\tan 48° = 1.110$
الجواب: لدينا العلاقة : $n = \tan\theta_p = \tan 48° = 1.110$

س 4 / اذا كانت الزاوية الحرجة للأشعة الضوئية لمادة العقيق الازرق المحاطة بالهواء 34.4° ، احسب زاوية الاستقطاب للأشعة الضوئية لهذه المادة ، علما أن : $\tan 60.5° = 1.77$, $\sin 34.4° = 0.565$.
الجواب : لدينا العلاقة : $n = \frac{1}{\sin\theta_C} = \frac{1}{\sin 34.4} = \frac{1}{0.565} = \frac{1000}{565} = 1.77$
والآن نجد زاوية الاستقطاب من العلاقة : $\tan\theta_p = n = 1.77$
$\therefore \theta = 60.5°$

الاستطارة

هي ظاهرة حيود (انحراف) الضوء بواسطة جسيمات الوسط عندما تكون أقطار جسيمات الوسط تقارب معدل الطول الموجي للضوء المرئي ($d \leq \lambda$) .

س/ أي الألوان أكثر استطارة ؟ وأيها أقل استطارة ؟ وما هو السبب ؟
ج/ يكون الضوء الأزرق أكثر الألوان استطارة بسبب قصر طوله الموجي وحيث أن شدة الاستطارة تتناسب عكسياً مع الأس الرابع للطول الموجي (شدة الاستطارة $\propto \frac{1}{\lambda^4}$) .
أما الضوء الأحمر يكون أقل الألوان استطارة بسبب كبر طوله الموجي وحيث أن شدة الاستطارة تتناسب عكسياً مع الأس الرابع للطول الموجي (شدة الاستطارة $\propto \frac{1}{\lambda^4}$) .

س/ علل ، تبدو السماء بلون أزرق عند النظر إليها نحو الأعلى .

ج/ بسبب استطارة الضوء الأزرق نتيجة قصر طوله الموجي وبالتالي كبر استطارته لأن $\frac{1}{\lambda^4} \propto$ شدة الاستطارة .

س/ علل ، تبدو السماء (قرص الشمس) بلون أحمر من جهة الغرب أو الشرق في وقت الغروب أو الشروق .

ج/ بسبب قلة استطارة الضوء ألأحمر نتيجة كبر طوله الموجي فيبلغ مسافات بعيدة دون أن يستطار لأن $\frac{1}{\lambda^4} \propto$ شدة الاستطارة .

س/ يستعمل الضوء ألأحمر للتنبيه عن الخطر من مسافات بعيدة ، علل ذلك .

ج/ بسبب قلة استطارة الضوء ألأحمر نتيجة كبر طوله الموجي فيبلغ مسافات بعيدة دون أن يستطار لأن $\frac{1}{\lambda^4} \propto$ شدة الاستطارة .

س6/ خلال النهار ومن على سطح القمر يرى رائد الفضاء السماء سوداء ويتمكن من رؤية النجوم بوضوح، في حين خلال النهار ومن على سطح الأرض يرى السماء زرقاء وبلا نجوم ما تفسير ذلك؟

ج/ خلال النهار ومن على سطح القمر يرى رائد الفضاء السماء سوداء ويتمكن من رؤية النجوم بوضوح وذلك لعدم وجود غلاف جوي والجسيمات التي تسبب استطارة ضوء الشمس.

في حين خلال النهار ومن على سطح الأرض يرى السماء زرقاء وبلا نجوم بسبب حدوث ظاهرة الاستطارة (تشتت الألوان) بسبب وجود الغلاف الجوي.

أسئلة الفصل الخامس

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1- في حيود الضوء فان شروط تكون صورة الهداب المضيء الأول(غير المركزي)أن يكون عرض الشق مساوياً الى :

a. λ b. $\frac{\lambda}{2sin\theta}$ c. $\frac{3\lambda}{2sin\theta}$ d. $\frac{\lambda}{2}$

الجواب: c- $\frac{3\lambda}{2sin\theta}$

التوضيح : في حيود الضوء عن الشق المنفرد يكون للهدب المضيء :

$$\ell \cdot \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

وبما أن الهدب هو المضئ الأول (غير المركزي) فإن :

$$m = 1$$

$$\ell \cdot \sin\theta = (1 + \frac{1}{2})\lambda$$

$$\ell \cdot \sin\theta = (\frac{3}{2})\lambda$$

$$2\ell \cdot \sin\theta = 3\lambda$$

$$\ell = \frac{3\lambda}{2sin\theta}$$

2- تعزى الوان فقاعات الصابون الى ظاهرة :

a) التداخل b) الحيود c) الاستقطاب d) الاستطارة .

الجواب : (a) التداخل .

3- سبب ظهور هدب مضيء وهدب مظلم في تجربة شقي يونك هو :
a) حيود وتداخل موجات الضوء معا .
b) حيود موجات الضوء فقط .
c) تداخل موجات الضوء فقط .
d) استعمال مصدرين غير متشاكهين .
الجواب: (a) حيود وتداخل موجات الضوء معا .

4- اذا سقط ضوء أخضر على محزز حيود فإن الهداب المركزي يظهر بلون :
a) أصفر .   b) أحمر .   c) أخضر .   d) أبيض .
الجواب : (c) أخضر .

5- تزداد زاوية حيود الضوء مع :
a) نقصان الطول الموجي للضوء المستعمل .
b) زيادة الطول الموجي للضوء المستعمل .
c) ثبوت الطول الموجي للضوء المستعمل .
d) كل الاحتمالات السابقة معاً .
الجواب : (b) زيادة الطول الموجي للضوء المستعمل .

التوضيح : من العلاقة ($\ell . \sin\theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda$) فإن : $\sin\theta \propto \lambda$.

6-إذا كان فرق المسار البصري بين موجتين ضوئتين متشاكهتين متراكبتين يساوي أعداداً فردية من أنصاف الطول
الموجي عندها يحصل :
a) تداخل بناء   b) استطارة   c) استقطاب   d) تداخل اتلاف .
الجواب: (a) تداخل بناء .

7- لتداخل موجات الضوء تداخل مستديم يجب أن يكون مصدراهما :
a) متشاكهين   b) غير متشاكهين   c) مصدرين من الليزر   d) جميع الاحتمالات السابقة .
الجواب: (a) متشاكهين .

8- في تجربة شقي يونك ، يحصل الهداب المضيء ألأول على جانبي الهداب المركزي المضيء المتكون على الشاشة عندما يكون فرق المسار البصري مساوياً الى :
a) $\frac{1}{2}\lambda$ b) λ c) 2λ d) 3λ
الجواب: (b) λ
التوضيح : $d \sin\theta = m\lambda = 1\times \lambda = \lambda$

9- نمط التداخل يتولد عندما يحصل :
a) الانعكاس   b) الانكسار   c) الحيود   d) الاستقطاب .
الجواب : (c) الحيود .

10) تتولد الموجات الكهرومغناطيسية عند :
a.مرور تيار مستمر في سلك موصل . b.حركة شحنة كهربائية بسرعة ثابتة في سلك موصل .
c.حركة شحنة كهربائية معجلة في سلك موصل . d.وجود شحنة كهربائية ساكنة في سلك موصل .
الجواب:(c) حركة شحنة كهربائية معجلة في سلك موصل .

11- أغشية الزيت الرقيقة وغشاء فقاعة الصابون تبدو ملونة بألوان زاهية نتيجة الانعكاس و :
a) الانكسار b) التداخل c) الحيود d) الاستقطاب .
الجواب: (b) التداخل .

12- الخاصية المميزة للطيف المتولد بواسطة محزز الحيود تكون :
a) الخطوط المضيئة واضحة المعالم .
b) انتشار الخطوط المضيئة .
c) انعدام الخطوط المضيئة .
d) انعدام الخطوط المظلمة .
الجواب: a) الخطوط المضيئة واضحة المعالم .

13- حزمة الضوء غير المستقطبة هي التي يكون تذبذب مجالاتها الكهربائية :
a) مقتصرة على مستوي واحد .
b) تحصل في الاتجاهات جميعها .
c) يمكنها المرور خلال اللوح القطيب .
d) تحصل في اتجاهات محددة .
الجواب : (b) تحصل في الاتجاهات جميعها .

14- الموجات الطولية لا يمكنها إظهار :
a) الانكسار . b) الانعكاس c) الحيود d) الاستقطاب
الجواب: (d) الاستقطاب .

15- تكون السماء زرقاء بسبب :
a) جزيئات الهواء تكون زرقاء .
b) عدسة العين تكون زرقاء .
c) استطارة الضوء تكون اكثر مثالية للموجات قصيرة الطول الموجي .
d) استطارة الضوء تكون أكثر مثالية للموجات طويلة الطول الموجي .
الجواب : (c) استطارة الضوء تكون اكثر مثالية للموجات قصيرة الطول الموجي .

16- عند اضاءة شقي يونك بضوء أخضر طوله الموجي (5×10^{-7}m) وكان البعد بين الشقين (1mm) وبعد الشاشة عن الشقين (2m) فان البعد بين مركزي هدابين مضيئين متتاليين في نمط التداخل المتكون على الشاشة يساوي :
a) 0.1mm b) 0.25mm c) 0.4mm d) 1mm .

الجواب d) 1mm .

التوضيح : $\Delta Y = \frac{L\lambda}{d} = \frac{2\times5\times10^{-7}}{1\times10^{-3}} = 1\times10^{-3}\ m = 1mm$

مسائل إثرائية

1// سقط ضوء أحادي اللون طوله الموجي 780nm على شقي يونك فتكونت صورة لهدب التداخل على شاشة تبعد عدة مترات عن الشقين ، وعند استعمال ضوء أحادي آخر وجد أن البعد بين الهدب المضيء الثالث والهدب المركزي أصبح نصف ما كان عليه . جد طول موجة الضوء الثاني . ج/ 390nm .

2// ضوء طوله الموجي 430nm استعمل لإضاءة شقين متوازيين ضيقين فظهر نمط التداخل على شاشة تبعد 1.5 m عنهما ، وكان البعد بين كل هدابين مضيئين متتالين 2.15mm ، جد البعد بين الشقين .
ج/ 0.3mm

3// سقط ضوء أحادي تردده 6×10^{12} Hz على شقي يونك مع ضوء آخر فوجد أن الرتبة المضيئة الرابعة للضوء الأول تنطبق في الموقع مع الرتبة المضيئة الخامسة للضوء الثاني فكم هو تردد الضوء الثاني . ج/ 7.5×10^{12}Hz

4// في تجربة شقي يونك استعمل ضوء أحادي طوله الموجي 400nm وكان البعد بين الشقين 0.5mm والمسافة بين الشاشة والشقين 500mm جد: 1) فرق الطور بين الموجات المتداخلة في نقطة مضيئة تبعد 20mm عن الهدبة المركزية على الحاجز 2) بعد صورة الهداب المظلم الرابع عن تلك النقطة .
ج/ 1) 100π 2) 18.2mm .

5// محزز حيود طوله 4cm وعدد حزوزه 40000 Line يكون صورة للمرتبة الثانية بزاوية حيود 30^{o} جد 1) طول موجة الضوء المستعمل 2) رقم آخر رتبة يمكن رؤيتها . 3) عدد ألأهداب الكلي .
ج/ 1- 250nm 2- 4 3- 9

6// في تجربة محزز الحيود استعمل ضوء احادي الطول الموجي 625nm وكانت زاوية حيود المرتبة الثالثة 30 درجه فاذا كان المحزز مستطيل الشكل مساحته 12cm2 والعدد الكلي لحزوزه 12000كم هو عرض ذلك المحزز
ج:3cm

بهاء عبد الهادي الفتلاوي
مدرس الفيزياء

الفصل الخامس

السادس العلمي الاحيائي

الفيزياء الحديثة

اعداد وتنضيد

مدرس الفيزياء

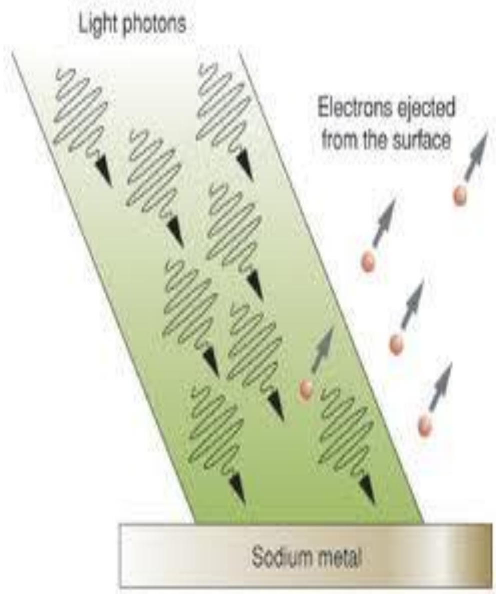
بهاء عبد الهادي الفتلاوي

07816241728

https://www.facebook.com/bahaa.ab

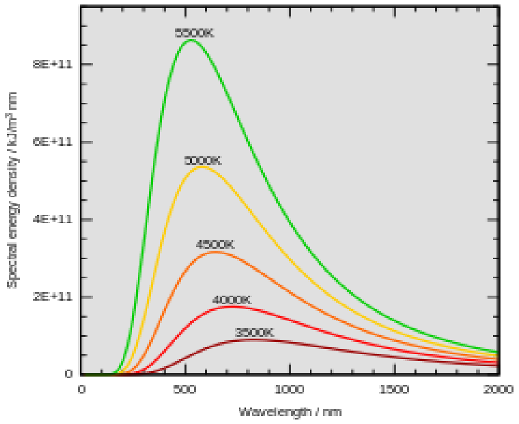
2017





الفصل الخامس
الفيزياء الحديثة

س/ ما هو سبب فشل النظرية الكلاسيكية للإشعاع الحراري ؟
ج/ لأنها لم تستطع فهم أو تفسير توزيع الأطوال الموجية من الإشعاع الصادر عن الجسم الأسود .
الجسم الأسود: هو نظام مثالي يمتص جميع الإشعاعات الساقطة عليه ويكون مشع مثالي عندما يكون مصدراً للإشعاع تعتمد طبيعة الأشعة المنبعثة منه على درجة حرارة سطحه .
س/ كيف يمكن تمثيل الجسم الأسود عملياً ؟
ج/ بواسطة فتحة ضيقة داخل فجوة أو جسم مجوف .
س/ علل ، يمكن اعتبار الفتحة الضيقة في تجويف جسماً أسوداً .
ج/ لأن الشعاع الداخل للتجويف عن طريق الفتحة سيعاني انعكاسات متعددة عن الجدران الداخلية حيث يفقد جزء من طاقته في كل انعكاس فلا يجد طريقاً للخروج من التجويف وتصبح الفتحة الضيقة بذلك جسماً أسوداً
س/ على ماذا تعتمد طبيعة الأشعة المنبعثة من الجسم الأسود (فتحة ضيقة) ؟
ج/ تعتمد على درجة حرارة الجسم .
س/ أرسم منحني يبين تغير طاقة إشعاع الجسم الأسود كدالة مع الطول ألموجي ودرجة الحرارة .ثم ناقشه .



ج/من ملاحظة الشكل يتضح ما يلي :
1) يتناسب المعدل الزمني للطاقة التي يشعها الجسم الأسود لوحدة المساحة (الشدة) طردياً مع المساحة تحت المنحني .
2) ذروة التوزيع الموجي (λ_m) للإشعاع المنبعث من الجسم الأسود تنزاح نحو الأطوال الموجية القصيرة عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة (تناسب عكسي) .

قانون ستيفان ـ بولتزمان:[المعدل الزمني للطاقة المشعة من قبل الجسم الأسود لوحدة المساحة (الشدة) تتناسب طردياً مع المساحة تحت المنحني و هذه المساحة تتناسب طردياً مع الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة (اعدا الصفر المطلق)]

$I \propto T^4$

$I = \sigma T^4$ $\quad \sigma = 5.67 \times 10^{-8} \dfrac{w}{m^2 . k^4}$ ثابت ستيفان ـ بولتزمان

$T =$ درجة الحرارة المطلقة مقاسه بوحدة (k)

$I =$ شدة الإشعاع بوحدة $\left(\dfrac{w}{m^2}\right)$

قانون إزاحة فين : [إن ذروة التوزيع ألموجي للإشعاع المنبعث من الجسم الأسود تنزاح نحو الأطوال الموجية القصيرة عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة للجسم (تناسب عكسي)] $\lambda_m \propto \dfrac{1}{T}$.

$\therefore \lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$ $\quad \lambda_m =$ ذروة الطول ألموجي

س/ ما سبب فشل جميع المحاولات الكلاسيكية في دراسة وتفسير الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث من الجسم الأسود كدالة للطول ألموجي عند درجة حرارة معينة ؟

ج/ فشلت المحاولات لأن الفيزياء الكلاسيكية افترضت أن الطاقة تنبعث بشكل مقادير مستمرة (غير محددة) .

س/ ما اقتراح العالم بلانك والمتعلق بإشعاع و امتصاص الطاقة بالنسبة للجسم الأسود (فرضية ماكس بلانك) ؟

ج/ إفترض ماكس بلانك أن الجسم الأسود يمكن أن يمتص ويشع طاقة بشكل مقادير محددة من الطاقة تدعى الكمات (الفوتونات) أي أن الطاقة مكمات ، حيث تعطى طاقة الفوتون بالعلاقة الآتية :

$E = h f$ $h = 6.63 \times 10^{-34}$ **J . s** ثابت بلانك ، f = تردد الفوتون الممتص أو المشع

ملاحظة

- يجب تحويل درجة الحرارة السيليزية $T (C^o)$ إلى درجة الحرارة المطلقة $T (k)$ حيث أن : $T (k) = T (C^o) + 273$
- شدة الإشعاع = $\frac{\text{قدرة الإشعاع (المعدل الزمني لطاقة الإشعاع)}}{\text{المساحة}}$ $I = \frac{p}{A}$
- قدرة الشعاع = $\frac{\text{طاقة الإشعاع}}{\text{الزمن}}$ $P = \frac{E}{t}$
- لحساب درجة حرارة الجسم عن طريق شدة الإشعاع أو العكس : $I = \sigma T^4$
- لحساب درجة الحرارة بواسطة ذروة الطول ألموجي أو العكس : $\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$
- طاقة الفوتون تعطى بالعلاقة : $E = hf$
- يمكن إيجاد الطول ألموجي للفوتون الساقط من العلاقة : $E = \frac{hc}{\lambda}$
- عدد الفوتونات = $\frac{\text{طاقة الإشعاع}}{\text{طاقة الفوتون}}$ $n = \frac{\text{طاقة الإشعاع}}{E}$
- للتحويل من (eV) إلى J نضرب المقدار × $\{1.6\times 10^{-19}\}$ والعكس نقسم على نفس المقدار

مثال (1) جد الطول الموجي المقابل لذروة الاشعاع المنبعث من جسم الانسان عندما تكون درجة حرارة سطحه (35°c) افترض أن جسم الانسان يشع كجسم أسود .

الجواب : نجد أولا درجة الحرارة بالمقياس المطلق من العلاقة : $T (k) = t (C^o) + 273$

$T = 35 + 273 = 308 \ (K)$

وباستخدام قانون ازاحة فين نجد الطول الموجي المقابل لذروة الاشعاع : $\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$

$$\lambda_m = \frac{2.898\times 10^{-3}}{T} = \frac{2.898\times 10^{-3}}{308} = \frac{2898\times 10^{-6}}{308} = 9.409 \times 10^{-6} m = 9.409\ \mu m$$

س(1) اذا علمت أن الطول الموجي المقابل لذروة الاشعاع المنبعث من نجم بعيد يساوي (480 nm) ، فكم هي درجة حرارة سطحه ؟ اعتبر أن النجم يشع كجسم أسود .

الجواب : باستخدام قانون ازاحة فين نجد درجة حرارة السطح : $\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$

$$T = \frac{2.898\times 10^{-3}}{\lambda_m} = \frac{2898\times 10^{-6}}{480\times 10^{-9}} = \frac{2898\times 10^{-6}}{48\times 10^{-8}} = 60.375 \times 10^{+2} = 6037.5\ K$$

مثال : جسم أسود درجة حرارة سطحه (1000 K) ومساحته ($10m^2$) فإذا كان تردد الإشعاع المنبعث من سطح الجسم هو (5×10^{15} Hz) خلال (1m s) احسب عدد الفوتونات المنبعثة من ذلك الجسم

الجواب : باستخدام قانون ستيفان – بولتزمان نجد المعدل الزمني للطاقة المنبعثة من الجسم لوحدة المساحة (الشدة) :

$$I = \sigma T^4 = 5.67 \times 10^{-8} \times (10^3)^4 = 567 \times 10^{-10} \times 10^{+12} = 567 \times 10^{2} \frac{w}{m^2}$$

ثم نجد المعدل الزمني للطاقة المشعة (القدرة) من العلاقة الآتية : $I = \frac{p}{A}$

$$P = I . A = 567 \times 10^{2} \times 10 = 567 \times 10^3 \text{ w}$$

ثم نجد طاقة الاشعاع الكلية من العلاقة الآتية : $\mathbf{P = \frac{E}{t}}$

$$E_T = P . t = 567 \times 10^3 \times 1 \times 10^{-3} = 567 \text{ J}$$

نجد الآن طاقة الفوتون الواحد باستخدام علاقة ماكس بلانك :

$$E = hf = 6.63 \times 10^{-34} \times 5 \times 10^{15} = 33.15 \times 10^{-19} \text{ J}$$

وأخيرا فان عدد الفوتونات = $\frac{\text{طاقة الإشعاع}}{\text{طاقة الفوتون}}$

$$\text{عدد الفوتونات} = \frac{567}{33.15 \times 10^{-19}} = 17.1 \times 10^{19} \ photon$$

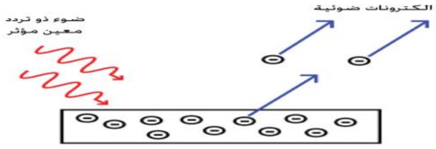
مثال(واجب) : اذا كان المعدل الزمني للطاقة المشعة من وحدة المساحة من جسم مشع كجسم أسود يعادل $5.67 \times 10^8 \ w/m^2$ فكم هو الطول الموجي المقابل لذروة الاشعاع المنبعث من ذلك الجسم ؟

الجواب :

الظاهرة الكهروضوئية

هي ظاهرة انبعاث الكترونات من سطح الفلز عند إضاءته بإشعاع ذي تردد مؤثر .

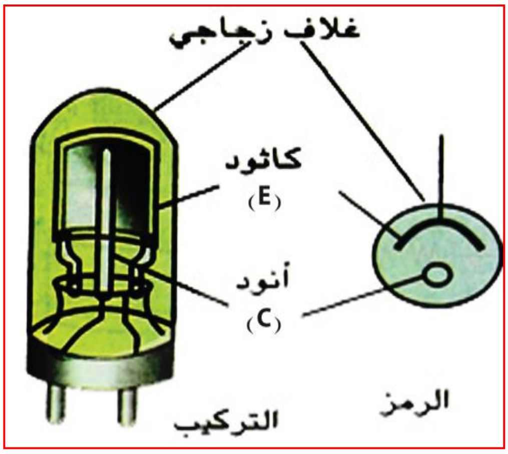
الإلكترونات الضوئية : هي الإلكترونات المنبعثة عن سطح الفلز عند إضاءته بضوء ذى تردد مؤثر .



س/ وضح تركيب الخلية الكهروضوئية ..

ج/ تتألف الخلية الكهروضوئية من أنبوبة مفرغة من الهواء لها نافذة من الكوارتز (لتمرير الأشعة فوق البنفسجية بالإضافة إلى الضوء المرئي) تحتوي على لوح معدني (E) يدعى الباعث أو المهبط (الكاثود) يتصل بالقطب السالب لمصدر فولطية مستمرة ولوح معدني آخر (C) يدعى الجامع أو المصعد (الآنود) يتصل بالقطب الموجب للمصدر .

س/ ما أساس عمل الخلية الكهروضوئية ؟ وما لفائدة العملية منها ؟



ج/ أساس عملها هو الظاهرة الكهروضوئية . وتستخدم لتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية .

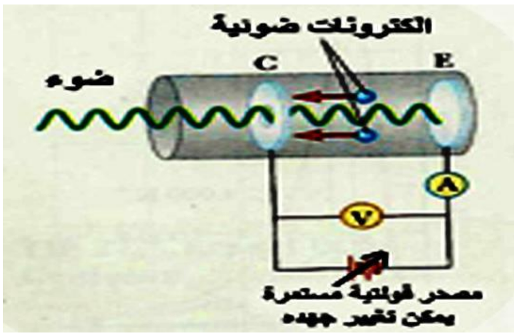
س / علل ، يفضل استعمال نافذة من الكوارتز بدلاً من الزجاج في الخلية الكهروضوئية .

ج/ لأن الكوارتز له القابلية على تمرير الأشعة فوق البنفسجية بالإضافة للضوء المرئي . وبذلك يكون مدى الترددات المستعملة أوسع .

س/ أشرح نشاط (تجربة) لتوضيح الظاهرة الكهروضوئية .

الجواب :

الادوات : خلية كهروضوئية ، فولطميتر (V) ، أميتر (A) ، مصدر فولطية مستمرة يمكن تغيير فرق جهده ، أسلاك توصيل ، مصدر ضوئي .



الخطوات :

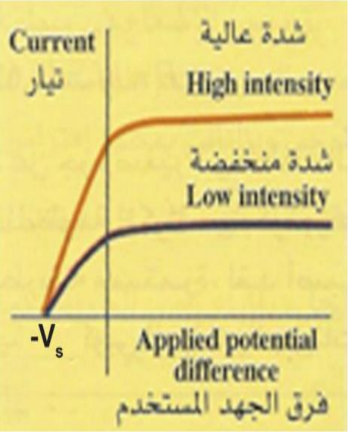
- نربط الدائرة الكهربائية كما في الشكل المجاور .
- عند وضع الأنبوبة بالظلام نلاحظ قراءة الاميتر تساوي صفرا أي لا يمر تيار في الدائرة الكهربائية.
- عند اضاءة اللوح الباعث للالكترونات بضوء ذي تردد مؤثر نلاحظ انحراف مؤشر الأميتر دلالة على مرور تيار كهربائي في الدائرة الكهربائية ان هذا التيار يظهر نتيجة انبعاث الالكترونات الضوئية من اللوح الباعث (السالب) ليستقبلها اللوح الجامع (الموجب) فينساب التيار الكهروضوئي في الدائرة الكهربائية.
- عند زيادة الجهد الموجب للوح الجامع {أي بزيادة فرق الجهد(ΔV) بين اللوحين الجامع والباعث} نلاحظ زيادة التيار الكهروضوئي حتى يصل إلى مقداره الاعظم الثابت وبذلك يكون المعدل الزمني للالكترونات الضوئية المنبعثة من اللوح الباعث والواصلة إلى اللوح الجامع مقدارا ثابتا فيسمى التيار في الدائرة الكهربائية في هذه الحالة (بتيار الاشباع).
- وعند زيادة شدة الضوء الساقط لتردد معين مؤثر فان تيار الاشباع يزداد فلو تضاعفت شدة الضوء الساقط فان تيار الاشباع يتضاعف أيضاً.



- في حالة عكس قطبية فولطية المصدر أي في حالة ان يكون اللوح الباعث موجبا واللوح الجامع سالبا سوف يهبط التيار إلى قيم اقل (ΔV) و لان معظم الالكترونات الضوئية سوف تتنافر مع اللوح الجامع السالب وتصل فقط الالكترونات الضوئية التي لها طاقة حركية اكبر من القيمة ($e\,\Delta V$) إلى اللوح الجامع .
- عند زيادة سالبية اللوح الجامع تدريجيا فانه وعند قيمة جهد معين (V_s) أي عندما ($\Delta V=-V_s$) فإننا نلاحظ ان تيار الدائرة يساوي صفر ، ان هذا الجهد يسمى جهد القطع او الإيقاف .

س/ عند زيادة فرق جهد الجامع يزداد التيار الكهروضوئي إلى أن يصل مقداره الأعظم الثابت ،علل ؟
ج/ لأن زيادة جهد الجامع يعني زيادة الالكترونات الواصلة للقطب الجامع وبالتالي زيادة التيار وعند جهد معين يثبت التيار بسبب محدودية عدد الالكترونات المنبعثة من الباعث لأن عدد الالكترونات المتحررة يعتمد على عدد الفوتونات الساقطة على اللوح الباعث ولا يعتمد على جهد الجامع .

تيار الإشباع : هو أعظم قيمة للتيار الكهروضوئي الثابت ولا يعتمد على فرق الجهد المسلط على طرفي الخلية الكهروضوئية بل يعتمد على شدة الإشعاع الساقط ويتناسب معها طردياً .
س/ أرسم منحني بياني يوضح علاقة التيار الكهروضوئي مع كل من جهد الجامع وشدة الضوء المستخدم .
ج/



س/ ماذا يحصل عند زيادة شدة الضوء الساقط (لتردد مؤثر معين) ؟ ولماذا ؟
ج/ عند زيادة شدة الضوء الساقط (لتردد معين مؤثر) فإننا نلاحظ زيادة تيار الإشباع ، فمثلاً عند مضاعفة شدة الضوء الساقط لتردد معين مؤثر، فان تيار الإشباع يتضاعف. لأن زيادة شدة الإشعاع الساقط تعني زيادة عدد الفوتونات الساقطة وحيث أن كل إلكترون يكتسب طاقة فوتون واحد لكي يتحرر فيزداد بذلك التيار .

س/ ماذا يحدث عند عكس قطبية المصدر أي أن يكون الباعث موجب والجامع سالب ؟ لماذا ؟
ج/ في هذه الحالة يهبط التيار تدريجياً إلى قيم اقل لأن معظم الالكترونات الضوئية سوف تتنافر الآن مع اللوح الجامع السالب، وتصل فقط الالكترونات الضوئية التي لها طاقة اكبر من القيمة $(e\,\Delta V)$ إلى اللوح الجامع، إذ أن (e) هي شحنة الإلكترون .

س/ ماذا يحدث عند زيادة سالبية جهد اللوح الجامع تدريجياً ؟ ولماذا ؟
ج/ يزداد معدل هبوط التيار وعند قيمة جهد معين (Vs) أي عندما $(\Delta V = -V_s)$ فأننا نلاحظ بأن تيار الدائرة يساوي صفراً، إن هذا الجهد (Vs)، يسمى جهد القطع أو الإيقاف. وسبب ذلك هو عدم تمكن الالكترونات الضوئية من الوصول إلى اللوح الجامع السالب نتيجة كبر جهده السالب .
جهد القطع (V_s) : وهو أكبر قيمة للجهد السالب للوح الجامع والذي يجعل التيار الكهروضوئي يساوي صفراً ويعد مقياساً للطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة ولا يعتمد على شدة الضوء الساقط بل يعتمد على تردد ذلك الضوء .

ملاحظة يعد جهد القطع مقياساً للطاقة الحركية العظمى ($K.E_{max}$) للإلكترونات الضوئية المتحررة :

$$K.E_{max} = e\,V_s$$

$$K.E_{max} = \frac{1}{2} m_e v_{max}^2$$

س/ ما هي الحقائق الكهروضوئية التي لم تتمكن النظرية الموجية من تفسيرها ؟

ج/ 1) لا تنبعث الالكترونات الضوئية إذا كان تردد الضوء الساقط أقل من تردد العتبة للمعدن المضاء $f \geq f_0$.

في حين أن النظرية الموجية تتنبأ بأن الظاهرة الكهروضوئية تحصل في جميع الترددات بشرط أن تكون شدة الضوء الساقط عالية .

2) الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة $(K . E_{max})$ لا تعتمد على شدة الضوء الساقط .

في حين أن النظرية الموجية تتنبأ بأن الضوء ذي الشدة العالية يحمل طاقة أكبر للمعدن في الثانية الواحدة وتمتلك الالكترونات الضوئية طاقة حركية عظمى أكبر .

3) تزداد الطاقة الحركية العظمى بزيادة تردد الضوء الساقط $K . E_{max} \propto f$.

في حين أن النظرية الموجية تتنبأ بعدم وجود علاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة .

4) تنبعث الإلكترونات الضوئية آنياً من سطح المعدن في اقل من $(10^{-9}s)$ حتى وإن كانت شدة الضوء الساقط عليه قليلة .

في حين أن النظرية الموجية تتنبأ بأن الإلكترونات الضوئية تحتاج إلى بعض الوقت لكي تمتص الضوء الساقط لحين اكتسابها طاقة حركية كافية للهرب من سطح المعدن .

س/ ما هي أسباب فشل النظرية الموجية (الكهرومغناطيسية) في تفسير الظاهرة الكهروضوئية ؟

ج/ تتنبأ النظرية الموجية بأن :

1) الظاهرة الكهروضوئية تحصل في جميع الترددات بشرط أن تكون شدة الضوء الساقط عالية .

في حين وجد في النتائج العملية أن الالكترونات الضوئية لا تنبعث إلا إذا كان تردد الضوء الساقط أكبر أو يساوي تردد العتبة .

2) الضوء ذي الشدة العالية يحمل طاقة أكبر للمعدن في الثانية الواحدة وتمتلك الالكترونات الضوئية طاقة حركية عظمى أكبر .

في حين أنه وجد في النتائج العملية أن الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة $(K . E_{max})$ لا تعتمد على شدة الضوء الساقط .

3) عدم وجود علاقة بين تردد الضوء الساقط والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة .

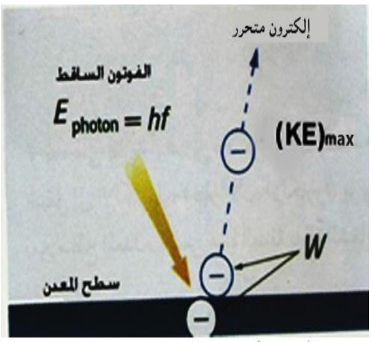
في حين وجد في النتائج العملية أن الطاقة الحركية العظمى تزداد بزيادة التردد والعلاقة خطية بينهما .

4) إن الإلكترونات الضوئية تحتاج إلى بعض الوقت لكي تمتص الضوء الساقط لحين اكتسابها طاقة حركية كافية للهرب من سطح المعدن .

في حين وجد في النتائج العملية أن الإلكترونات الضوئية تنبعث آنياً من سطح المعدن في اقل من $(10^{-9} s)$ حتى وإن كانت شدة الضوء الساقط عليه قليلة .

دالة الشغل (W) : هي أقل طاقة ربط بين الإلكترون وسطح المعدن وتكون صغيرة بحدود بضع (ev) وتعتمد على نوع مادة المعدن .

$W = hf_0$ $\qquad$ $f_\circ =$ تردد العتبة



س/ وضح تفسير اينشتاين للنتائج العملية للظاهرة الكهروضوئية .

ج/ وفقاً للمعادلة الكهروضوئية (معادلة اينشتاين) $K.E_{max} = E - W$

$K.E_{max} = hf - hf_\circ$

$\therefore K.E_{max} = h(f - f_\circ)$

1) لا تحدث الظاهرة الكهروضوئية إذا كان تردد الضوء الساقط أصغر من تردد العتبة ($f<f_\circ$)
وتحدث فقط إذا كانت طاقة الفوتون الساقط أكبر أو تساوي دالة الشغل ($f \geq f_0$) .

2) تعتمد الطاقة الحركية العظمى على تردد الفوتون الساقط و دالة الشغل ولا تعتمد على شدة الضوء الساقط .

3) تتناسب الطاقة الحركية العظمى طردياً مع تردد الفوتون الساقط $K.E_{max} \propto f$.

4) تنبعث الإلكترونات الضوئية آنياً من سطح الهدف بغض النظر عن شدة الضوء الساقط .

تردد العتبة (f_o) : هو أقل تردد للإشعاع الساقط والذي يمكنه أن يولد الانبعاث الكهروضوئي لذلك الفلز ويعد صفة مميزة للمعدن المضاء ويعتمد على نوع مادة الهدف .

فكر: ثلاثة معادن مختلفة (a , b , c) اسقط على كل واحد منها ضوء تردده (0.85×10^{15}Hz) فإذا كان تردد العتبة لكل منهم على الترتيب هو:

a - 1.14×10^{15} (Hz)

b - 0.59×10^{15} (Hz)

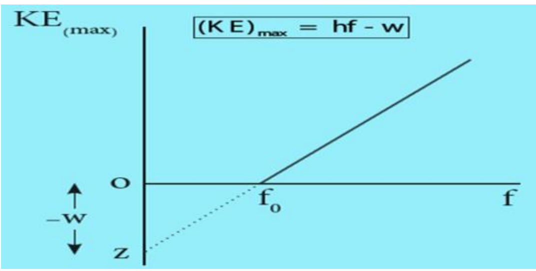
c - 1.53×10^{15} (Hz)

لأي من المعادن الثلاث تحدث الظاهرة الكهروضوئية ؟ ولماذا ؟

الجواب / يحدث الانبعاث الكهروضوئي للمعدن (b) لأن تردد الضوء الساقط (0.85×10^{15}Hz) يكون أكبر من تردد العتبة لذلك المعدن 0.59×10^{15} (Hz) .

س/ ما نوع العلاقة بين الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المتحررة وتردد الإشعاع الساقط وضحها بالرسم .

ج/ تكون العلاقة خطية (طردية) $K.E_{max} \propto f$



ملاحظة// إن ميل الخط المستقيم = ثابت بلانك (h).

س/ أثبت أن : $V_S \propto f$.

ج / بما أن :

$K.E_{max} = eV_s$

$K.E_{max} \propto hf$

$\therefore eV_s \propto hf$

$\therefore V_s \propto \frac{hf}{e}$

$\therefore V_S \propto f$

طول موجة العتبة (λ_o) : هو أكبر طول موجي للإشعاع الساقط على سطح الهدف والذي يمكنه تحرير الإلكترونات الضوئية من ذلك السطح .

س/هل تتأثر الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة بنقصان عدد الفوتونات الساقطة بتردد مؤثر؟

ج/ كلا ، لأن نقصان عدد الفوتونات الساقطة يعني نقصان شدة الضوء الساقط والطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة لا تعتمد على شدة الضوء الساقط .

س/ هل يستمر الانبعاث الكهروضوئي عندما :
a) يقل الطول ألموجي للضوء الساقط بثبوت شدته ؟ b) نقصان شدة الضوء الساقط بثبوت التردد ؟
c) يستبدل الهدف بآخر له دالة شغل أكبر بثبوت التردد والشدة ؟
d) يصبح تردد الإشعاع = تردد العتبة ؟

ج/ a) نعم ، لأن نقصان الطول ألموجي يعني زيادة التردد أي زيادة الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة
b) نعم ، لأن الطاقة الحركية العظمى لا تعتمد على شدة الإشعاع الساقط .
c) كلا ، يتوقف الانبعاث الكهروضوئي إذا أصبحت طاقة الفوتون الساقط أصغر من دالة الشغل ($E < W$)
d) نعم ، ولكن بطاقة حركية عظمى تساوي صفراً .

س/ ماذا يحدث ؟ ولماذا ؟ عند زيادة التردد لكل مما يأتي :
1) جهد القطع (V_S)
2) عدد الإلكترونات المنبعثة .
3) التيار الكهروضوئي .
4) السرعة العظمى للإلكترونات المنبعثة .

ج/ 1) يزداد جهد القطع لأن زيادة التردد تؤدي إلى زيادة الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة والعلاقة طردية بين جهد القطع والطاقة الحركية العظمى .
2) يبقى عدد الإلكترونات المنبعثة ثابت لأنه لا يعتمد على تردد الضوء الساقط بل يعتمد على شدته .
3) يبقى التيار الكهروضوئي ثابت لأنه لا يعتمد على تردد الضوء الساقط بل يعتمد على شدته .
4) تزداد السرعة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة بسبب زيادة الطاقة الحركية العظمى بزيادة التردد.

س/ علل، يزداد عدد الإلكترونات الضوئية المتحررة من سطح الفلز عند زيادة شدة الضوء الساقط ضمن منطقة الترددات المؤثرة .
ج/ لأن زيادة شدة الضوء الساقط تعني زيادة عدد الفوتونات وحيث أن كل إلكترون يكتسب طاقة فوتون واحدلكي يتحرر مما يؤدي إلى زيادة عدد الإلكترونات المتحررة .
س/ ماذا يحدث إذا سقط ضوء ذي تردد مؤثر على سطح صفيحة مشحونة بشحنة سالبة ؟ ولماذا ؟
ج/ تفقد الصفيحة شحنتها بسبب انبعاث الإلكترونات من سطحها بتأثير الظاهرة الكهروضوئية .
س/ عند سقوط أشعة فوق بنفسجية على قرص كشاف كهربائي مشحون بشحنة سالبة فإننا نلاحظ انطباق ورقتيه أولاً ، وباستمرار سقوط هذه الأشعة على القرص المعدني نلاحظ انفراج ورقتيه مرة أخرى ، بين سبب ذلك علماً أن طاقة الأشعة فوق البنفسجية أكبر من دالة الشغل لمعدن القرص .
ج/ بما أن طاقة الأشعة فوق البنفسجية أكبر من دالة الشغل لمعدن القرص يحدث إنبعاث الكترونات ضوئية (سالبة الشحنة) من سطح القرص فتتلاشى الشحنة تدريجياً حتى تختفي فتنطبق ورقتي الكشاف ومع الاستمرار بسقوط الأشعة على سطح القرص يستمر الانبعاث الالكتروني ويستمر فقدان الالكترونات وتصبح شحنة القرص موجبة فتنفرج ورقتا الكشاف مرة أخرى .

ملاحظات

- **لإيجاد الطاقة الحركية العظمى :**

$K.E_{max} = e V_s$

أو $K.E_{max} = \frac{1}{2} m_e v^2_{max}$

أو $K.E_{max} = E - W$

- **لإيجاد دالة الشغل (W) :**

$W = E - K.E_{max}$

أو $W = hf_o$

أو $W = \frac{hc}{\lambda_o}$

- **لإيجاد طاقة الفوتون الساقط (E) :**

$E = hf$

أو $E = \frac{hc}{\lambda}$

أو $E = K.E_{max} + W$

الخلاصة إن طاقة الفوتون الساقط ($E = hf$) يذهب جزءاً منها لفك ارتباط الإلكترون بسطح الهدف كدالة شغل (W) والمتبقي يعطى للإلكترون كطاقة حركية عظمى ($K.E_{max}$) :

$E = K.E_{max} + W$

$K.E_{max} = E - W$

$= hf - hf_o$

$= h (f - f_o)$

وهذا يدل على : a) إذا كان $f > f_o$ يحدث انبعاث كهروضوئي وبطاقة حركية عظمى ($K.E_{max}$)

b) أذا كان $f = f_o$ يحدث انبعاث كهروضوئي وبطاقة حركية عظمى ($K.E_{max} = 0$)

c) إذا كان $f < f_o$ لا يحدث انبعاث كهروضوئي لأن طاقة الفوتون تكون أصغر من دالة الشغل .

س/ ماهي أهم التطبيقات العملية للظاهرة الكهروضوئية ؟

ج/ 1- تستثمر في الخلية الكهروضوئية والتي يمكن بواسطتها تحويل الطاقة الضوئية الى طاقه كهربائية كما في الخلية الشمسية المستعملة في انارة الشوارع وغيرها .

2- تستثمر في كاميرات التصوير الرقمية .

3- تستثمر في اظهار الموسيقى الرقمية المصاحبة لصور الافلام السينمائية المتحركة .

مثال 2 سقط ضوء طوله الموجي 300nm على معدن الصوديوم ، فإذا كانت دالة الشغل للصوديوم تساوي (2.46 ev) جد :

a- الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة بوحدات (J) أولا وبوحدات الالكترون – فولط (ev) ثانياً .

b- طول موجة العتبة للصوديوم .

الجواب : a- نجد طاقة الفوتون الساقط من العلاقة :

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{300 \times 10^{-9}} = 6.63 \times 10^{-19} J$$

نجد الآن دالة الشغل بوحدة (J) بضربها بـ (1.6×10^{-19}) :

$W = 2.46 \times 1.6 \times 10^{-19} = 3.936 \times 10^{-19}$ J

و أخيرا نجد الطاقة الحركية العظمى بوحدة الـ (J) من العلاقة : $K.E_{max} = E - W$

$K.E_{max} = 6.63 \times 10^{-19} - 3.936 \times 10^{-19}$

$= (6.630 - 3.936) \times 10^{-19} = 2.694 \times 10^{-19}$J

ولإيجاد الطاقة الحركية بوحدات (ev) :

$$K.E_{max} = \frac{2.694 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{2694 \times 10^{-2}}{16} = 168.4 \times 10^{-2} = 1.684 \text{ ev}$$

b- لحساب طول موجة العتبة للمعدن للصوديوم لدينا العلاقة : $W = \frac{hc}{\lambda_o}$

$$\lambda_0 = \frac{hc}{w} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{3.936 \times 10^{-19}} = \frac{6.63 \times 10^{-26}}{1.312 \times 10^{-19}} = 5.053 \times 10^{-7}\, m = 505.3 \text{ nm}$$

س (4) سقط ضوء طوله الموجي (300nm) على سطح مادة ، فاذا كان طول موجة العتبة لهذا المعدن يساوي (500nm) . جد جهد القطع اللازم لإيقاف الالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى ؟

الجواب : نجد طاقة الفوتون الساقط من العلاقة :

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{300 \times 10^{-9}} = 6.63 \times 10^{-19}\, J$$

ثم نجد دالة الشغل للمادة من العلاقة :

$$W = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{500 \times 10^{-9}} = 6.63 \times 0.6 \times 10^{-19} = 3.978 \times 10^{-19}\, J$$

ثم نجد الطاقة الحركية العظمى بوحدة الـ (J) من العلاقة : $K.E_{max} = E - W$

$K.E_{max} = 6.63 \times 10^{-19} - 3.978 \times 10^{-19}$

$= (6.630 - 3.978) \times 10^{-19} = 2.652 \times 10^{-19}$J

وأخيرا نجد جهد القطع V_s من العلاقة : $K.E_{max} = e \cdot V_s$

$$V_s = \frac{K.E_{max}}{e} = \frac{2.652 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{2652 \times 10^{-2}}{16} = 165.8 \times 10^{-2} = 1.658 \text{ V}$$

مثال(وزاري) : سقط ضوء طوله الموجي (3×10^{-7}m) على سطح معدن فوجد أن جهد القطع اللازم لإيقاف الالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى يساوي (1.658v) . أحسب مقدار طول موجة العتبة لهذا المعدن .

س (5) يتوقف تحرير الالكترونات المنبعثة من سطح معدن عندما يزيد طول موجة الضوء الساقط عليه عن (600nm) فإذا أضيء سطح المعدن نفسه بضوء طوله الموجي (300nm) ، فما الطاقة الحركية العظمى التي تنبعث بها الالكترونات الضوئية من سطح المعدن مقدرة بالـ (J) أولاً وبالـ (eV) ثانياً ؟

الجواب : نجد طاقة الفوتون الساقط من العلاقة :

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{300 \times 10^{-9}} = 6.63 \times 10^{-19}\, J$$

ثم نجد دالة الشغل للمادة من العلاقة :

$$W = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{600 \times 10^{-9}} = 6.63 \times 0.5 \times 10^{-19} = 3.315 \times 10^{-19}\, J$$

ثم نجد الطاقة الحركية العظمى بوحدة الـ (J) من العلاقة : $K.E_{max} = E - W$

$$K.E_{max} = 6.63 \times 10^{-19} - 3.315 \times 10^{-19}$$

$$= (6.630 - 3.315) \times 10^{-19} = 3.315 \times 10^{-19} J$$

ولإيجاد الطاقة الحركية بوحدات (ev) :

$$K.E_{max} = \frac{3.315 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{3315 \times 10^{-2}}{16} = 207.2 \times 10^{-2} = 2.072\ ev$$

س (7) سقط ضوء تردده $(0.6 \times 10^{15}\ Hz)$ على سطح معدن فوجد أن جهد الايقاف للإلكترونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى يساوي $(0.18\ V)$ ، وعندما سقط ضوء تردده $(1.6 \times 10^{15}\ Hz)$ على سطح نفس المعدن وجد أن جهد الايقاف $(4.324\ V)$. جد قيمة ثابت بلانك .

الجواب : بما أن الضوء الأول والثاني سقطا على سطح نفس المعدن فإن دالة الشغل تبقى ثابتة في الحالتين :

$$W_1 = W_2$$

وبما أن :

$$W = E - K.E$$

لذلك فإن :

$$E_1 - K.E_1 = E_2 - K.E_2$$

$$hf_1 - eV_1 = hf_2 - eV_2$$

$$eV_2 - eV_1 = hf_2 - hf_1$$

$$\therefore h = \frac{e\,(V_2 - V_1)}{f_2 - f_1} = \frac{1.6 \times 10^{-19}\,(4.324 - 0.18)}{1.6 \times 10^{15} - 0.6 \times 10^{15}}$$

$$= \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 4.144}{1 \times 10^{15}} = 6.6304 \times 10^{-34}\, J.s$$

مثال(واجب) : سقط ضوء على سطح معدن فوجد أن تردده يعادل أربعة أمثال التردد اللازم لحصول الانبعاث الكهروضوئي و جهد القطع اللازم لإيقاف الالكترونات الضوئية هو (1.57 V) جد طول موجة الضوء الساقط .

الجسيمات والموجات

س/ ما هي الظواهر التي تشير إلى أن الضوء يسلك سلوك موجي ؟

ج/ 1) التداخل . 2) الحيود . 3) الاستقطاب .

س/ ما هي أهم الظواهر التي تشير إلى أن الضوء يسلك سلوك دقائقي ؟

ج/ 1) الإشعاع و الامتصاص . 2) الظاهرة الكهروضوئية . 3) تأثير كومبتن .

س/ هل يسلك الضوء سلوك دقائقي أم سلوك موجي ؟

ج/ يعتمد سلوك الضوء على نوع الظاهرة المدروسة ، حيث يسلك سلوك دقائقي في بعض الظواهر مثل الظاهرة الكهروضوئية و الانبعاث و الامتصاص ويسلك سلوك موجات في بعض الظواهر الأخرى كالتداخل و الحيود و الاستقطاب .

س/ ما هي النظرة الحديثة لتفسير طبيعة الضوء ؟

ج/ إن الضوء يسلك سلوك ثنائي (مزدوج) أي أن طاقة الإشعاع تنتقل بشكل فوتونات يقودها باتجاه سيرها مجال موجي حيث أن الضوء يظهر أما بصفة موجية أو جسيمية وليس كلاهما معاً أي أنهما تكملان بعضهما البعض .

س/ فسر رياضياً السلوك الثنائي للضوء ؟ أو أثبت أن الضوء يسلك سلوك مزدوج . أو أثبت أن : $\lambda = \frac{h}{p}$.

ج/ بما أن : علاقة ماكس بلانك $E = hf$

وبما أن : علاقة آينشتاين $E = m c^2$

$\therefore hf = mc^2 = m\, c.\, c$

وبما أن : زخم الفوتون $f = \frac{c}{\lambda}$ ، $P = mc$

$\therefore \frac{hc}{\lambda} = Pc \longrightarrow \boxed{\lambda = \frac{h}{p}}$

P= زخم الفوتون (سلوك دقائقي) ، λ سلوك موجي

س/ أثبت أن الفوتون يسلك كما لو كانت له كتلة.

ج/ بما أن : علاقة ماكس بلانك $E = hf$

وبما أن : علاقة آينشتاين $E = m c^2$

$\therefore hf = mc^2$

$\therefore m = \frac{hf}{c^2}$ كتلة الفوتون

ملاحظة الكتلة السكونية للفوتون ($m_o = 0$).

س/ أثبت رياضياً أن طاقة الفوتون تتناسب طردياً مع زخمه .

ج/ وفقاً لمعادلة آينشتاين :

$E = m c^2$

$= m.c.c = Pc$

$\therefore E \propto P$

س/ أيهما يمتلك زخماً أكبر فوتون الأشعة فوق البنفسجية أم فوتون الأشعة الحمراء ؟ ولماذا ؟

ج/ فوتون الأشعة فوق البنفسجية يمتلك زخماً أكبر لأنه الأقصر طول موجي حيث العلاقة عكسية بين زخم الفوتون وطوله الموجي وفقاً للعلاقة : $\lambda = \frac{h}{p}$.

ملاحظة لحساب زخم الفوتون : $P = \frac{h}{\lambda}$ و $P = \frac{E}{c}$ و $P = mc$

مثال : اذا كان الطول الموجي لفوتون الأشعة فوق البنفسجية يساوي (200 nm) ، فكم هو زخمه ؟

الجواب : وفقا للعلاقة :

$P = \frac{h}{\lambda}$

$P = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{200 \times 10^{-9}} = \frac{663}{2} \times 10^{-29} = 331.5 \times 10^{-29} = 3.315 \times 10^{-27} kg.\frac{m}{s}$

س(3) فوتون طوله الموجي (3nm) . أحسب مقدار زخمه ؟

الجواب : وفقا للعلاقة :

$P = \frac{h}{\lambda}$

فان : $P = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{3 \times 10^{-9}} = 2.21 \times 10^{-25} kg.\frac{m}{s}$

الموجات المادية (موجات دي بروي)

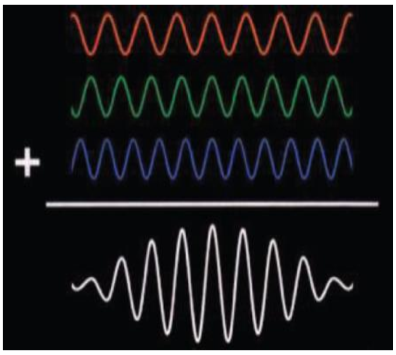
فرضية دي بروي : في كل نظام ميكانيكي لابد من وجود موجات ترافق (تصاحب) حركة الجسيمات المادية أي أن الجسيمات تسلك سلوك ثنائي (دقائقي - موجي) .

س/ ما هو نوع الموجات المادية ؟

ج/ هي موجات لا ميكانيكية ولا كهرومغناطيسية تصاحب حركة الجسيمات المادية .

س/ كيف يمكن تمثيل حركة الجسيم وفقاً لفرضية دي بروي ؟

ج/ تمثل حركة الجسيم برزمة موجية (موجه ذات مدى محدود في الفضاء) يمكن الحصول عليها من جمع موجات مختلفة قليلاً بالتردد .



ملاحظة حسب فرضية دي برولي فإن : $\lambda = \frac{h}{P} \longrightarrow \lambda \propto \frac{1}{P}$

$\lambda = \frac{h}{mv} \longrightarrow \lambda \propto \frac{1}{mv}$

س/ وضح كيف أثبت دي برولي الطبيعة الثنائية للجسيمات .

ج/ بما أن :

$$\lambda = \frac{h}{P}$$

$$P = m\,v$$

$$\therefore \lambda = \frac{h}{mv}$$

ومن العلاقة الأخيرة فإن الجانب الأيمن يمثل الطبيعة الدقائقية و الجانب الأيسر يمثل الطبيعة الموجية .

س/ لا يمكن ملاحظة الطول الموجي المصاحب لحركة الأجسام الاعتيادية ، علل ذلك .

ج/ وفقاً للعلاقة : $\lambda = \frac{h}{mv}$ فإن : $\lambda \propto \frac{1}{m}$ وبما أن كتلة الأجسام الاعتيادية كبيرة نسبياً يكون الطول ألموجي المصاحب لحركة تلك الجسيمات صغيراً جداً مما يجعل من الصعب ملاحظة الخواص الموجية المصاحبة .

ملاحظة يمكن تطبيق فرضية دي برولي $\lambda = \frac{h}{mv}$ على كافة الأجسام الموجودة في الكون من صغيرها إلى كبيرها .

مثال (3) جد طول موجة دي برولي المرافقة لكرة كتلتها (0.221 kg) تتحرك بانطلاق مقداره (3m/s) مع العلم بأن ثابت بلانك يساوي (6.63×10^{-34} J.s) .

الجواب : على وفق العلاقة :

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{0.221 \times 3} = \frac{2.210 \times 10^{-34}}{0.221} = 10 \times 10^{-34} = 10^{-33} m$$

مثال (4) جد طول موجة دي برولي المرافقة لإلكترون يتحرك بانطلاق مقداره (6×10^{6} m/s) مع العلم بأن كتلة الالكترون (9.11×10^{-31} kg) و ثابت بلانك يساوي (6.63×10^{-34} J.s) .

الجواب : على وفق العلاقة :

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 6 \times 10^{6}} = \frac{110.5 \times 10^{-9}}{911} = 0.121 \times 10^{-9} m$$

س (2) افترض أن ثابت بلانك أصبحت قيمته تساوي (66 J . s) . كم سيكون طول موجة دي برولي المرافقة لشخص كتلته (80 kg) ويجري بانطلاق مقداره (1.1 m/s)؟

الجواب : : على وفق العلاقة :

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$\lambda = \frac{66}{80 \times 1.1} = \frac{66}{88} = 0.75 m$$

س (6) سقط ضوء طول موجته (10^{-7}m) على سطح مادة دالة شغلها تساوي (1.67×10^{-19} J)

فانبعثت الكترونات ضوئية من سطح المعدن ، جد :
a- الانطلاق الاعظم للإلكترونات الضوئية المنبعثة من سطح المادة .
b- طول موجة دي برولي المرافقة للإلكترونات الضوئية المنبعثة ذات الانطلاق الاعظم .

الجواب :

a- نجد طاقة الفوتون الساقط من العلاقة :

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{10^{-7}} = 19.89 \times 10^{-19} J$$

ثم نجد الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة من العلاقة : $K.E_{max} = E - W$

$$K.E_{max} = 19.89 \times 10^{-19} - 1.67 \times 10^{-19} = 18.22 \times 10^{-19} J$$

الآن لدينا العلاقة : $K.E_{max} = \frac{1}{2} m_e v_{max}^2$

$$18.22 \times 10^{-19} = \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v_{max}^2$$

$$v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 18.22 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}}} = \sqrt{4 \times 10^{12}} = 2 \times 10^{6} \frac{m}{s}$$

b- لحساب طول موجة دي برولي لدينا العلاقة : $\lambda = \frac{h}{mv}$

$$\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 2 \times 10^{6}} = \frac{3.315 \times 10^{-9}}{9.11} = 0.364 \times 10^{-9} m = 0.364\, nm$$

مثال(وزاري) : سقط ضوء طوله الموجي ($2 \times 10^{-7} m$) على سطح معدن دالة شغله (5.395×10^{-19} J) فانبعثت الكترونات ضوئية من ذلك السطح ، جد :
1) الانطلاق الأعظم للإلكترونات الضوئية المنبعثة .
2) طول موجة دي برولي المرافقة للإلكترونات الضوئية المنبعثة .

س (8) جد طول موجة دي برولي المرافقة لإلكترون تم تعجيله خلال فرق جهد مقداره (100V) ؟

الجواب : لإيجاد الطاقة الحركية لدينا العلاقة :

$K.E_{max} = eV = 1.6 \times 10^{-19} \times 100 = 160 \times 10^{-19}$ J

ثم نجد سرعة الالكترون من العلاقة :

$K.E_{max} = \frac{1}{2} m_e v^2$

$60 \times 10^{-19} = \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v_{max}^2$

$v_{max} = \sqrt{\frac{2 \times 160 \times 10^{-19}}{9.11 \times 10^{-31}}} = \sqrt{\frac{320}{911} \times 10^{14}}$

$= \sqrt{0.35 \times 10^{14}} = \sqrt{35 \times 10^{12}}$

$= 5.9 \times 10^6 m/s$

الآن نجد طول موجة دي برولي باستخدام العلاقة :

$\lambda = \frac{h}{mv}$

$\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 5.9 \times 10^6} = \frac{663 \times 10^{-9}}{5375} = 0.123 \times 10^{-9} = 0.123nm$

س (11) جد انطلاق الكترون الذي يجعل طول موجة دي برولي المرافقة له مساوي لطول موجة أشعة سينية ترددها يساوي (3.25×10^{17} Hz) .

الجواب: نجد أولا طول موجة الأشعة السينية من العلاقة:

$\lambda_x = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{3.25 \times 10^{17}} = \frac{300}{325} \times 10^{-9} = 0.923\ nm$ وهو طول موجة دي برولي

نجد الآن انطلاق الالكترون من العلاقة :

$v = \frac{h}{m\lambda}$

$v = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 0.923 \times 10^{-9}} = \frac{663 \times 10^6}{840} = 0.789 \times 10^6 = 7.89 \times 10^5\ m/s$

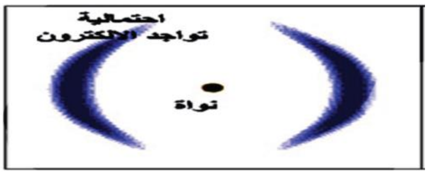
مثال(واجب) : اذا كان طول موجة دي برولي المرافق لإلكترون منبعث من سطح معدن هو (0.615nm) جد طول موجة الضوء الساقط اذا علمت أن طول موجة العتبة لسطح المعدن هو (600nm) .

الجواب :

ميكانيك الكم

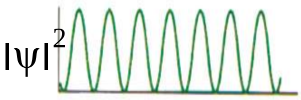
هو أحد فروع علم الفيزياء الذي يختص بدراسة حركة الأجسام التي تتحرك بحزم ضيقة جداً (كمات) مثل الإلكترون والجسيمات النووية .

ملاحظة **1) يهتم الميكانيك الكمي بدراسة الاحتمالات أما الميكانيك الكلاسيكي فيهتم بمبدأ التأكيد في القياس**
2) يعد الميكانيك الكلاسيكي قيمة تقريبية للميكانيك الكمي .

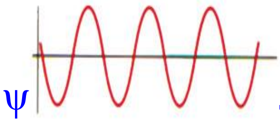


س/ أرسم شكل توضيحي للذرة حسب وجهة نظر الميكانيك الكمي.

س/ ما هي الكمية التي يهتم بدراستها ألمكانيك الكمي ؟ وما لمقصود بها ؟
ج/ دالة الموجة (ψ) : وهي الكمية التي يهتم بدراستها الميكانيك الكمي والتي تشكل تغيراتها الموجات المادية وتعد صفة رياضية تتعلق باحتمالية إيجاد الجسيم في مكان معين وزمان معين ، حيث إن كثافة الاحتمالية لإيجاد الجسيم في ذلك الموقع توصف بدلالة ψ وتتناسب طردياً مع $|\psi|^2$.



كثافة الاحتمالية: هي احتمالية تواجد الإلكترون لوحدة الحجم في موقع معين وزمن معين وتتناسب طردياً مع $|\psi|^2$.



س/ ماذا يعني لك أن قيمة $|\psi|^2$ تكون :1- كبيرة . 2- صغيرة 3- صفراً .
ج/ 1- يعني أن هناك إحتمالية كبيرة لتواجد الإلكترون في مكان أو زمان معينين .
2- يعني أن هناك إحتمالية صغيرة لتواجد الإلكترون في مكان أو زمان معينين
3- يعني أنه ليس هناك احتمال لتواجد الإلكترون في ذلك المكان والزمان .

مبدأ اللادقة لهايزنبرك

((من المستحيل قياس الموضع بالضبط والزخم الخطي للجسيم بالضبط في آن واحد))

$$\Delta X \cdot \Delta P \geq \frac{h}{4\pi}$$

ΔX = اللادقة في موضع الجسيم (الخطأ في موقع الجسيم)
ΔP = اللادقة في زخم الجسيم (الخطأ في زخم الجسيم)

س/ علل ، لا يمكن ملاحظة مبدأ اللادقة في حياتنا اليومية أي في العالم البصري .
ج/ بسبب القيمة الصغيرة لثابت بلانك ($h = 6.63 \times 10^{-34}$ J.S) .

س/ متى يتم الحصول على أقل لا دقة في تحديد إحدى الكميتين (ΔX) أو (ΔP) في علاقة مبدأ اللادقة
ج/ وذلك عن طريق جعل حاصل ضرب هاتين الكميتين مساوية لـ ($\frac{h}{4\pi}$) أي عندما :

$$\Delta X \cdot \Delta P = \frac{h}{4\pi}$$.

ملاحظة

1-إن حاصل ضرب نسبة الخطأ في تحديد موقع الجسيم (ΔX) في نسبة الخطأ في تحديد الزخم الخطي للجسيم (ΔP) لا يقل عن الكمية ($\frac{h}{4\pi}$) أي أن:

$$\Delta X \cdot \Delta P \geq \frac{h}{4\pi}$$

2-العلاقة أعلاه تعني أن العلاقة عكسية بين اللادقة في تحديد الموقع و اللادقة في تحديد الزخم الخطي أي أنه كلما كانت دقة عالية في تحديد الموقع (لا دقة صغيرة) كانت هناك لا دقة عالية في تحديد الزخم الخطي (دقة صغيرة)والعكس صحيح .

3- هناك صيغة أخرى لمبدأ اللادقة تربط بين اللادقة في تحديد الطاقة ΔEو اللادقة في تحديد الزمن Δt

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{4\pi}$$

4- لا دقة زخم الجسيم = كتلة الجسيم × لا دقة سرعته . : $\Delta P = m\,\Delta V$

5- إذا طلب أو أعطى أقل لا دقة فإن : $\Delta X \cdot \Delta P = \frac{h}{4\pi}$

6-إذا أعطى اللادقة كنسبة مئوية من القيمة الأصلية فإن :

اللادقة = $\frac{\text{النسبة}}{100}$ × القيمة الأصلية .

مثال (5) اذا كانت اللادقة في زخم كرة تساوي (2×10^{-3} Kg.$\frac{m}{s}$) جد اللادقة في موضع الكرة مع العلم بأن ثابت بلانك يساوي (6.63×10^{-34} J.s) .

الجواب: نجد اللادقة في موضع الكرة من العلاقة :

$$\Delta X \cdot \Delta P \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta X \geq \frac{h}{4\pi \cdot \Delta P}$$

$$\Delta X \geq \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 2 \times 10^{-3}}$$

$$\Delta X \geq \frac{0.528 \times 10^{-34}}{2 \times 10^{-3}}$$

$$\Delta X \geq 0.264 \times 10^{-31}\ \text{m}$$

$$\Delta X \geq 2.64 \times 10^{-32}\ \text{m}$$

مثال (6) : قيس انطلاق الكترون فوجد أنه يساوي (6×10^{3} m/s) فاذا كان الخطأ في انطلاقة يساوي (0.003%) من انطلاقه الأصلي جد أقل لادقة في موضع هذا الالكترون . مع العلم بأن كتلة الالكترون تساوي (9.11×10^{-31}Kg) وثابت بلانك يساوي (6.63×10^{-34}J.s) .

الجواب : نجد أولا اللادقة في انطلاق الالكترون من العلاقة :

$$\Delta V = 0.003\%\ V = \frac{3 \times 10^{-3}}{100} \times 6 \times 10^{3} = 0.18\ m/s$$

ثم نجد اللادقة في زخم الالكترون من العلاقة : $\Delta P = m\,\Delta V$

$$\Delta P = m\,\Delta V = 9.11 \times 10^{-31} \times 0.18 = 1.64 \times 10^{-31}\ \text{Kg.m/s}$$

نجد الآن أقل لادقة في موضع الكرة من العلاقة :

$$\Delta X \cdot \Delta P = \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta X = \frac{h}{4\pi \cdot \Delta P}$$

$$\Delta X = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 1.64 \times 10^{-31}}$$

$$\Delta X = \frac{0.528 \times 10^{-34}}{1.64 \times 10^{-31}}$$

$$\Delta X = \frac{5.28 \times 10^{-35}}{1.64 \times 10^{-31}}$$

$$\Delta X = 3.219 \times 10^{-4}\ m$$

مثال (7) اذا كانت اللادقة في زخم الكترون تساوي (3.5×10^{-24}Kg .m/s) جد اللادقة في موضع الالكترون مع العلم بأن ثابت بلانك يساوي (6.63×10^{-34}J.s) .

الجواب: نجد اللادقة في موضع الالكترون من العلاقة :

$$\Delta X \,.\, \Delta P \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta X \geq \frac{h}{4\pi \,.\, \Delta P}$$

$$\Delta X \geq \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 3.5 \times 10^{-24}}$$

$$\Delta X \geq \frac{0.528 \times 10^{-34}}{3.5 \times 10^{-24}}$$

$$\Delta X \geq \frac{5.28 \times 10^{-35}}{3.50 \times 10^{-24}}$$

$$\Delta X \geq 1.508 \times 10^{-11}\ m$$

س (9) يتحرك ألكترون بانطلاق مقداره (663m/s)، جد :

a- طول موجة دي برولي المرافقة للالكترون .

b- أقل خطأ في موضع الالكترون اذا كان الخطأ في انطلاقه يساوي (0.05%) من انطلاقه الاصلي

الجواب : a- نجد طول موجة دي برولي باستخدام العلاقة :

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

$$\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 663} = \frac{1 \times 10^{-3}}{911} = 0.001097 \times 10^{-3} = 1.097\mu m$$

b- نجد أولا اللادقة في انطلاق الالكترون من العلاقة :

$$\Delta V = 0.05\%\ V = \frac{5 \times 10^{-2}}{100} \times 663 = 3315 \times 10^{-4} = 3.315 \times 10^{-1} \frac{m}{s}$$

ثم نجد اللادقة في زخم الالكترون من العلاقة :

$$\Delta P = m\, \Delta V$$

$$\Delta P = m\, \Delta V = 9.11 \times 10^{-31} \times 3.315 \times 10^{-1} = 30.2 \times 10^{-32}\ Kg.m/s$$

نجد الآن أقل لادقة في موضع الكرة من العلاقة :

$$\Delta X \,.\, \Delta P = \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta X = \frac{h}{4\pi \,.\, \Delta P}$$

$$\Delta X = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 30.2 \times 10^{-32}}$$

$$\Delta X = \frac{0.528 \times 10^{-34}}{30.2 \times 10^{-32}}$$

$$\Delta X = \frac{528 \times 10^{-37}}{302 \times 10^{-33}}$$

$$\Delta X = 1.748 \times 10^{-4}\ m$$

س (10) بروتون طاقته الحركية تساوي (1.6×10^{-13}J) . اذا كانت اللادقة في زخمه تساوي (5%) من زخمه الأصلي ، فما هي اقل لادقة في موضعه ؟ اذا علمت أن كتلة البروتون تساوي (1.67×10^{-27}Kg) .

الجواب : نجد أولا علاقة بين زخم البروتون وطاقته الحركية : $K.E = \frac{1}{2} m v^2 \} \times \frac{m}{m}$

$$K.E = \frac{m^2 v^2}{2m} = \frac{P^2}{2m} \qquad (P = m v)$$

$$P^2 = 2\, mK.E$$

$$P = \sqrt{2\, mK.E}$$

$$= \sqrt{2 \times 1.67 \times 10^{-27} \times 1.6 \times 10^{-13}}$$

$$= \sqrt{5.344 \times 10^{-40}} = 2.312 \times 10^{-20}\ Kg.m/s$$

ثم نجد اللادقة في الزخم والتي تبلغ (5%) من الزخم الأصلي : $\Delta P = 5\%\ P$

$$\Delta P = \frac{5}{100} \times 2.312 \times 10^{-20} = 11.56 \times 10^{-22} = 1.156 \times 10^{-21}\ Kg.m/s$$

نجد الآن أقل لادقة في موضع الكرة من العلاقة : $\Delta X . \Delta P = \frac{h}{4\pi}$

$$\Delta X = \frac{h}{4\pi . \Delta P}$$

$$\Delta X = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 1.156 \times 10^{-21}}$$

$$\Delta X = \frac{0.528 \times 10^{-34}}{1.156 \times 10^{-21}}$$

$$\Delta X = \frac{528 \times 10^{-34}}{1156 \times 10^{-21}}$$

$$\Delta X = 0.4567 \times 10^{-13}\ m$$

$$\Delta X = 4.567 \times 10^{-14}\ m$$

س (10) افترض أن اللادقة في موضع جسيم كتلته (m) وانطلاقه (v) تساوي طول موجة دي برولي المرافقة له برهن على أن :- $\frac{\Delta v}{v} \geq \frac{1}{4\pi}$

الجواب : نحن لدينا اللادقة في الزخم تعطى بالعلاقة : $\Delta P = m\, \Delta v$

وكذلك اللادقة بالموضع يساوي طول موجة دي برولي : $\Delta X = \lambda = \frac{h}{mv}$

ومن علاقة مبدأ اللادقة : $\Delta X . \Delta P \geq \frac{h}{4\pi}$

$$\frac{h}{mv} . m\, \Delta v \geq \frac{h}{4\pi}$$

لذلك فان : $\frac{\Delta v}{v} \geq \frac{1}{4\pi}$

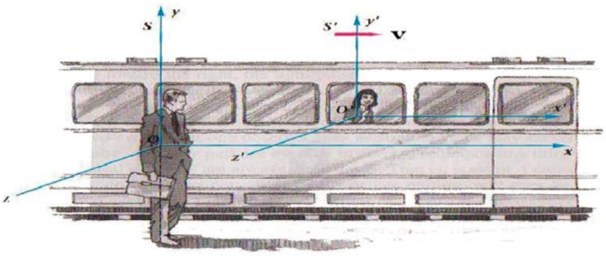
مثال(واجب): اذا كانت اقل لا دقة في موضع الكترون هو (5.28×10^{-20}m) وكان الخطأ في سرعته تساوي 0.02% من سرعته الاصلية جد طول موجة دي برولي المرافقة للإلكترون .

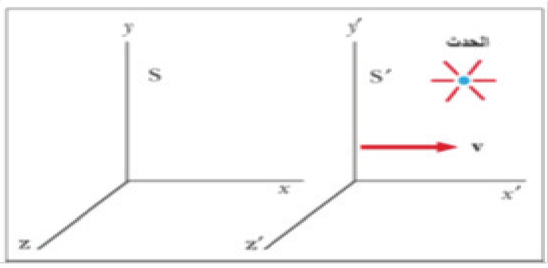
RELATIVITY THEORY النظرية النسبية

الفيزياء الكلاسيكية : هي فيزياء الأجسام التي تتحرك بسرع أقل بكثير من سرعة الضوء في الفراغ $\upsilon \ll c$ وتخضع لقوانين نيوتن .

إطار الإسناد : هو الموقع الذي يقوم فيه الشخص برصد حدث ما في زمن معين .

أطر الإسناد القصورية : هي أطر الإسناد التي تتحرك بسرعة ثابتة بالنسبة لبعضها البعض .





س/ وضح متى يمكن اعتماد الميكانيك الكلاسيكي ؟ ومتى يمكن اعتماد فرضيات النظرية النسبية ؟

ج/ عند السرع الصغيرة أو التي تقل بكثير عن سرعة الضوء يطبق الميكانيك الكلاسيكي ($\upsilon \ll c$).
أما عند السرع العالية والتي تقترب من سرعة الضوء تكون فرضيات الميكانيك الكلاسيكي غير صحيحة وتطبق فرضيات النظرية النسبية .

فرضيتا آينشتاين في النظرية النسبية الخاصة

س5/ ما فرضيتا انشتاين في النظرية النسبية الخاصة ؟

1- قوانين الفيزياء يجب أن تكون واحدة في جميع أطر الإسناد القصورية .

2- سرعة الضوء في الفراغ مقدار ثابت ($c = 3 \times 10^{8}$ m/s) في جميع أطر الإسناد وبغض النظر عن سرعة المراقب أو سرعة مصدر الضوء .

س/ ما لذي أثبتته تجربة مايكلسون و مورلي ؟

ج/ أثبتت أن سرعة الضوء ثابتة بجميع الاتجاهات عند عدم توفر الأثير .

الأثير : هو وسط افتراضي هلامي غير مرئي يملأ الفضاء أفترض لتفسير آلية انتقال الضوء .

الزمكان : هو التعبير الذي أدخله آينشتاين على النظرية النسبية العامة والذي يعني تلازم الزمان والمكان .

تحويلات غاليلو ومعامل لورنتز

س/ ما هي شروط اعتماد تحويلات غاليلو ؟

ج/ 1- توازي المحاور $X//X'$, $Y//Y'$, $Z//Z'$. 2- سرعة حركة ألإسناد تكون ثابتة v = constant

3- مقدار الزمن ثابت في جميع أطر ألإسناد القصورية $t = t'$.

س/ على ماذا تعتمد تحويلات لورنتز ؟

ج/ برهن لورنتز من خلال دراسته لحركة الجسيمات المادية في المجال الكهرومغناطيسي بان لسرعة الجسيمات تأثير مهم جداً في قياس ألأبعاد الفيزيائية وبرهن وجود عامل تصحيحي يجب اعتماده في علاقة إحداثيات إطاري ألإسناد (s , s') .

معامل لورنتز γ : هو العامل التصحيحي الذي اعتمده لورنتز في العلاقة بين إحداثيات إطاري ألإسناد (s , s') وهو مقدار خالٍ من الوحدات .

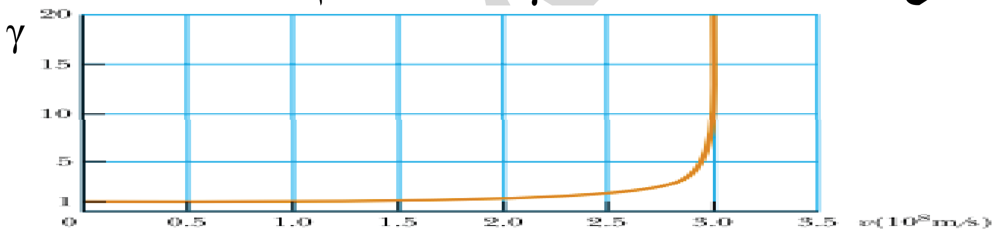
$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

س / ما الفرق الأساس بين تحويلات غاليلو والتحويلات النسبية (تحويلات لورنتز) ؟

ج/ الفرق الأساس هو العامل التصحيحي $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ وتأثيرها في المقادير الفيزيائية مثل زخم الجسم وطول الجسم وكتلة الجسم والزمن المقاس وقد أطلقت تسمية (γ) معامل لورنتز

س/ أرسم منحني بياني يوضح العلاقة بين معامل لورنتز γ وسرعة الجسم .

ج/



ملاحظة

1- من الشكل المجاور يتضح أن γ يعتمد على سرعة الجسم v ويتناسب معها طردياً وعند بلوغ الجسم سرعة الضوء (3×10^8 m/s) فإن قيمة γ تصبح ما لانهاية

2- من وجهة نظر الفيزياء الكلاسيكية فإن بعض الكميات الفيزيائية كالكتلة والطول والزمن لا تعتمد على حركة أو سكون الراصد الذي يقوم بعملية القياس . أما من وجهة نظر فيزياء النظرية النسبية فإن الأجسام التي تتحرك بسرعة مقاربة لسرعة الضوء بالنسبة لراصد ساكن تعاني تغيراً في مقادير الكميات الفيزيائية كالطول والزمن والكتلة .

أهم النتائج المترتبة على النظرية النسبية الخاصة Consequences of the theory of relativity

1- تمدد الزمن : ان الزمن الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث (t_0) أصغر من الزمن الذي يسجله راصد متحرك (t) .

2- انكماش الطول : الأجسام المتحركة بالنسبة لراصد ساكن تعاني انكماشاً بالطول (تقلصاً) باتجاه حركتها .
3- تغير الكتلة مع السرعة (الكتلة النسبية) : الكتلة ليست كمية ثابت بل هي كمية متغيرة تبعاً لسرعة الجسم .

$m = \gamma m_0$

الكتلة السكونية = m_0 ، كتلة الجسم المتحرك = m

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

س/ وضح ، كيف تم إثبات زيادة الكتلة النسبية عملياً ؟
ج/ وذلك عن طريق الفيزياء النووية عبر التجارب في مجالات الإشعاعات النووية التي هي عبارة عن الجسيمات المنطلقة من المواد المشعة مثل اليورانيوم أو الراديوم وهي دقائق مادية متناهية في الصغر تنطلق بسرع قريبة من سرعة الضوء فتزداد كتلتها بما يتفق مع معادلة الكتلة النسبية .

تكافؤ الكتلة والطاقة Mass Energy Equivalence

مقداراً ضئيلاً جداً من الكتلة يعطي طاقة هائلة جداً تساوي حاصل ضرب هذه الكتلة في مربع سرعة الضوء .

$$E = m c^2$$

س/ كيف استطاعت معادلة تكافؤ الكتلة والطاقة في تفسير طاقة النجوم وعمرها الطويل ؟
ج/ إن النجوم تفقد كمية قليلة جداً من مادتها لتعطي طاقة تمد بها الفضاء المحيط بها بأجمعه .

س/كيف تم توظيف معادلة تكافؤ الكتلة و والطاقة في بناء وتشغيل المفاعلات النووية وإنتاج الأسلحة النووية؟
ج/ إن كلاً من المفاعلات النووية وإنتاج الأسلحة النووية يعتمد على الانشطار النووي حيث أن النواة المنشطرة الواحدة تحرر طاقة مقدارها 200Mev أي ما يعادل 3.2×10^{-11} J وهذه الطاقة تنتج عن استهلاك 3.56×10^{-28} Kg فقط .

س 3/ ما التطبيقات العملية لمبدأ تكافؤ الكتلة والطاقة ؟
الجواب : ان مبدأ عمل وتشغيل المفاعلات النووية يعتمد على مبدأ تكافؤ الكتلة والطاقة وكذلك في الاسلحة النووية .

ملاحظة: إن نسبة ما تفقده الشمس من كتلتها في الثانية الواحدة هو 2.191×10^{-21} فقط وهذا يعادل أربعة مليارات كيلوغرام 4.2×10^{9} Kg وإن هذه الطاقة المنتجة تكفي لاستهلاك كافة دول العالم من الكهرباء لمدة مليون سنة .

مثال ما كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها عند تحويل غرام واحد كلياً من المادة الى طاقة ؟
الجواب: باستعمال معادلة اينشتاين في تكافؤ الكتلة والطاقة :

$E=mc^2$

$E= 1\times10^{-3} \times (3\times10^{8})^2 = 9 \times10^{13}$ J

ان هذا المقدار كبير جداً وبالإمكان مقارنته بكمية الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبل عائلة عراقية فاذا كان معدل الاستهلاك هو 1000 kwh في الشهر الواحد فان هذا يعادل : $E= 1000 \times1000\times3600 = 3.6\times10^{9}$J

وبقسمة الطاقة المنتجة على الطاقة المستهلكة في الشهر الواحد : $\frac{9 \times10^{13}}{3.6\times10^{9}} = 2.5 \times 10^4 = 25000\ months$

وهذا يعني أن الطاقة المنتجة من $1g$ من المادة الى طاقة تكفي هذه العائلة لأكثر من ألفي سنه كتشغيل كهربائي .

حل أسئلة الفصل السادس

س1/ اختر العبارة الصحيحة لكل مما يأتي :

1- عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة فان ذروة التوزيع الموجي للإشعاع المنبعث من الجسم الأسود تنزاح نحو :

a- الطول الموجي الأطول b- الطول الموجي الأقصر c- التردد ألأقصر d- ولا واحدة منها .

الجواب : (b) الطول الموجي الأقصر .

2- العبارة (في كل نظام ميكانيكي لابد من وجود موجات ترافق (تصاحب) حركة الجسيمات المادية) هي تعبير عن :

a- مبدأ اللادقة لهايزنبرك . b- اقتراح بلانك . c- قانون لينز . d-فرضية دي برولي .

الجواب: (d) فرضية دي برولي .

3- أي من الكميات الآتية تعد ثابتة حسب النظرية النسبية :

a) سرعة الضوء. b) الزمن . c) الكتلة . d) الطول .

الجواب: (a) سرعة الضوء .

4- احدى الظواهر التالية تعد إحدى الأدلة التي تؤكد على أن للضوء سلوكاً جسيمياً :

a- الحيود b- الظاهرة الكهروضوئية c- الاستقطاب d- التداخل

الجواب : (b) الظاهرة الكهروضوئية .

5- أفترض أنه قيس موضع جسيم بدقة تامة ($\Delta X = 0$) ، فإن أقل لا دقة في زخم هذا الجسيم تساوي :

a- $\frac{h}{4\pi}$ b- $\frac{h}{2\pi}$ c- ما لا نهاية d- صفر (اذ أن h هو ثابت بلانك)

الجواب: (c) ما لا نهاية.

التوضيح :

$$\Delta X \,.\, \Delta P = \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta P = \frac{h}{4\pi \,.\, \Delta X} = \frac{h}{4\pi \times 0} = \infty$$

6- عند مضاعفة شدة الضوء الساقط بتردد معين مؤثر على سطح معدن معين يتضاعف مقدار :

a- الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة . c- زخم الفوتون .

b- جهد الايقاف . d- تيار الإشباع .

الجواب : (d) تيار الإشباع .

7- وفقاً لمعادلة آينشتاين الشهيرة في تكافؤ الكتلة والطاقة :

a- ($E = m^2 c$) b- ($E = c^2 m^2$) c- ($E = mc^2$) d- ($E = cm$)

الجواب: c- ($E = mc^2$) .

8- كثافة الاحتمالية لإيجاد الجسيم في نقطة ولحظة معينتين تتناسب :

a- طردياً مع $|\psi|^2$ b- عكسياً مع $|\psi|^2$ c- طردياً مع $|\psi|$ d- عكسياً مع $|\psi|$

الجواب : (a) طردياً مع $|\psi|^2$.

9- العبارة ((من المستحيل أن نقيس آنياً (في الوقت نفسه) الموقع بالضبط وكذلك الزخم الخطي بالضبط لجسيم)) هي تعبير عن :

a- قانون فراداي . b– قانون ازاحة فين c- قانون ستيفان – بولتزمان . d – مبدأ اللادقة لهايزنبرك .

الجواب: (d) مبدأ اللادقة لهايزنبرك .

10- الموجات المرافقة لحركة جسيم مثل الالكترون هي :

a) موجات ميكانيكية مادية . b) موجات ميكانيكية مستعرضة .

c) موجات كهرومغناطيسية . d) موجات مادية .

الجواب: d) موجات مادية .

مسائل إثرائية

1/ فوتون طوله الموجي 400nm سقط على سطح فلز فانبعث منه إلكترون ضوئي بسرعة 4×10^{6} m/s جد 1) طول موجة العتبة لسطح المعدن . 2) دالة الشغل . 3) طول موجة دي برولي .

1) 29 nm 2) 42.8 ev 3) 0.18 nm

2) سقط ضوء تردده 3×10^{15} **Hz** على سطح معدني دالة شغله تعادل نصف طاقة الفوتون الساقط ، أحسب : 1) جهد القطع . 2) السرعة العظمى للالكترونات المنبعثة .3) طول موجة العتبة لسطح الفلز .

4) إذا أصبح تردد الفوتون الساقط Hz 0.5×10^{15} فهل سيستمر الإنبعاث الكهروضوئي .

1) 6.2V 2) 1.47×10^{6} m/s 3) 200nm

3) إذا كانت أقل دقة في قياس زمن تحرر إلكترون من سطح الفلز عند سقوط إشعاع ذي تردد مؤثر هو s 1.44×10^{-12} و اللادقة في قياس طاقة الإلكترون تعادل 0.002% من طاقته الحركية العظمى الفعلية جد 1) سرعة الإلكترون العظمى . 2) جهد القطع .

1) 2×10^{6}m/s 2) 11.4375V

4) فوتون زخمه (1×10^{-27} Kg . m/s) سقط على سطح فلز الطول الموجي لعتبته (1326 nm) جد السرعة العظمى للإلكترونات المتحررة ثم أحسب طول موجة دي برولي المرافق للإلكترون .

1) 0.57×10^{6} m/s 2) 1.27×10^{-15} **m** .

\

5) فوتون طوله الموجي 0.2nmجد مقدار 1) زخمه . 2) طاقته مقدره بالجول مره وبـ ev مره أخرى .

1) 3.315×10^{-24}Kg .m/s 2) 9.945×10^{-16}J , 6215ev

6) فوتون زخمه 1.105×10^{-27}Kg.m/s جد طاقته وتردده .

3.315×10^{-19}J , 0.5×10^{15} Hz

7) عجل الكترون بفرق جهد مقداره 182.2 vجد الطول الموجي المصاحب له .

91 pm